ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 AVRIL 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. Carpentier présente à l'Académie une *dynamo minuscule* qui a été exécutée par M. Trevet, mécanicien de précision.

Il accompagne sa présentation des considérations et explications suivantes :

« Ce modèle peut être assimilé à ces chefs-d'œuvre ouvriers dont s'enorgueillissaient jadis les artisans épris de leur métier et qui témoignaient de leur savoir-faire. Rares maintenant sont les hommes qui, par amour de l'art, s'adonnent aux travaux de patience et ne se rebutent pas aux difficultés des réalisations minutieuses. Les services qu'ils sont susceptibles de rendre à la Science sont à certains moments bien précieux. Aussi l'Académie fait-elle œuvre utile en les encourageant par l'attention qu'elle veut bien accorder à leurs travaux.

» La dynamo de M. Trevet est du modèle Gramme, « type supérieur ». Peut-être n'est-elle pas la plus petite qui ait été faite, et sans doute ne serait-il pas impossible de faire plus petit encore. Mais, telle qu'elle est, elle s'approche des limites qu'il ne serait pas aisé de dépasser.

» Son poids est de 7^g environ. Ses dimensions entre saillies extrêmes sont les suivantes : hauteur, 15^{mm}; longueur, 15^{mm}; largeur, 13^{mm} environ.

» Ses électros inducteurs, bobinés en fil de $0^{mm},05$, isolé soie, portent 600 tours.

» Son induit, calé sur un arbre dont les portées n'ont pas plus de $0^{mm},5$, mesure lui-même $6^{mm},2$ de diamètre. Il est du modèle à dents, avec 12 sections. Son enroulement est fait avec du fil de $0^{mm},05$; il en a absorbé une longueur de $1^m,67$.

» Son collecteur et ses balais sont confectionnés comme ceux des grands

» modèles et sont composés de nombreuses pièces détachées. Le porte-
» balais est à calage variable.

» Toutes les pièces sont montées à vis, à l'exclusion de toute soudure; la » machine est donc entièrement démontable et remontable, comme les » vraies machines. »

M. Carpentier, à l'aide d'une petite batterie d'accumulateur de poche, fait fonctionner en séance la dynamo, comme moteur. A vide, elle tourne avec une vitesse extrême et fait entendre un susurrement comparable à celui d'un gros insecte. Elle absorbe 0,2 ampère, sous 3,5 volts : soit 0,7 watt. Son rendement doit être évidemment très faible. Comme la vitesse, ce rendement échappe à la mesure.

NOMINATIONS.

M. le **Président de la Reale Accademia dei Lincei** invite l'Académie à lui faire connaître le nom de ceux de ses Membres qui seront délégués pour la représenter à l'Assemblée générale que l'*Association internationale des Académies* tiendra à Rome du 9 au 15 mai 1910.

MM. **Émile Picard**, **B. Baillaud** et **G. Darboux** sont désignés pour représenter l'Académie.

M. le **Secrétaire de l'Institution of Naval Architects** invite l'Académie à se faire représenter au *Congrès international des Ingénieurs des constructions navales et du Génie maritime* qui se tiendra, à l'occasion du 50e anniversaire de la fondation de cette Institution, à Londres, le 5 juillet.

MM. **L.-E. Bertin** et le Prince **Roland Bonaparte** sont désignés pour représenter l'Académie.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines équations intégrales non linéaires.* Note de M. G. **Bratu**, présentée par M. Émile Picard.

1. Inspiré par les belles recherches de M. Picard [1] sur l'équation

$$\frac{d^2y}{dx^2}+f(x,y)=0,$$

---

[1] *Comptes rendus*, 14 février 1898, et *Traité d'Analyse*, t. III, Chap. VII.

nous avons d'abord étudié complètement le cas simple

$$(1) \qquad \frac{d^2 y}{dx^2} + \lambda e^y = 0 \qquad (\lambda = \text{const. positive}),$$

en recherchant les intégrales s'annulant en a et b.

Soit $a = 0$. En étudiant directement la solution de l'équation (1) qui satisfait aux conditions $y(0) = 0$, $y'(0) = m$ et en posant $m^2 + 2\lambda = 2\lambda t$, on trouve que cette solution passe par un maximum égal à $\log t$ pour

$$x = \frac{1}{\sqrt{2\lambda}} \int_0^{\log t} \frac{dy}{\sqrt{t - y}},$$

et qu'elle s'annule de nouveau pour

$$(2) \qquad x = b = 2\sqrt{\frac{2}{\lambda t}} \log(\sqrt{t} + \sqrt{t - 1}).$$

Pour $x > b$, y reste négatif.

Soit, d'autre part, $\tau = 3,27\ldots$ la racine réelle unique de l'équation

$$(3) \qquad \log(\sqrt{t} + \sqrt{t - 1}) = \sqrt{\frac{t}{t - 1}},$$

et soit $\beta = \frac{h}{\sqrt{\lambda}}$ $(h = 1,87\ldots)$ la valeur de b pour $t = \tau$.

Pour $\lambda > 0$ on a $t > 1$ et l'on voit que b, nul pour $t = 1$, augmente, avec t, jusqu'à la valeur β, où il arrive pour $t = \tau$.

Pour $t > \tau$, b diminue et tend vers zéro lorsque t augmente indéfiniment. L'ordonnée maximum de la solution y croît toujours avec t. On a donc le résultat suivant : *l'équation* (1) *admet*

2 solutions	pour	$b < \beta$,
1 »	»	$b = \beta$,
0 »	»	$b > \beta$.

D'autre part, nous savons que les solutions de l'équation (1), qui s'annulent en 0 et b, satisfont aussi à l'équation intégrale non linéaire

$$(4) \qquad y(x) = \lambda \int_0^b G(x, \xi)\, e^{y(\xi)}\, d\xi,$$

$G(x, \xi)$ étant la fonction connue de Green. Si b est fixe, en posant $\lambda_1 = \frac{h^2}{\beta^2}$ on peut encore dire que *l'équation* (1) *admet*

2 solutions	pour	$\lambda < \lambda_1$,
1 »	»	$\lambda = \lambda_1$,
0 »	»	$\lambda > \lambda_1$.

Dans le premier cas les deux solutions sont : l'une supérieure et l'autre inférieure à la solution singulière unique correspondant à $\lambda = \lambda_1$. *Lorsque* λ *croît à partir de zéro, la solution inférieure augmente, la solution supérieure diminue et les deux solutions tendent en même temps vers la solution singulière.*

2. Ces résultats s'étendent facilement à une équation de la forme

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + \lambda \mathrm{A}(x) e^y = 0, \tag{5}$$

$\mathrm{A}(x)$ étant une fonction *positive*. Il résulte des recherches générales de M. Picard que cette équation admet, pour λ négatif, une solution unique s'annulant en a et b; il n'en est pas de même pour λ positif. Nous prouvons qu'il existe un nombre positif λ, tel que, pour $0 < \lambda < \lambda_1$ les approximations successives commençant avec $y_0 = 0$ *convergent vers la solution inférieure* de l'équation (5), tandis que pour $\lambda > \lambda_1$, ces approximations ne convergent plus.

3. Considérons plus généralement l'équation intégrale

$$\varphi(x) = \lambda \int_a^b \mathrm{K}(x, y)\, \mathrm{F}[\varphi(y)]\, dy, \tag{6}$$

dans laquelle $\mathrm{F}(\varphi)$ est une série à coefficients constants

$$\mathrm{F}(\varphi) = b_0 + b_1 \varphi + \ldots + b_n \varphi^n + \ldots. \tag{7}$$

Nous nous proposons de chercher un développement en série entière ordonnée suivant les puissances de λ et satisfaisant à l'équation (6).

Posons

$$\varphi(x) = a_0(x) + \lambda a_1(x) + \ldots + \lambda^n a_n(x) + \ldots. \tag{8}$$

Les fonctions $a_0, a_1, \ldots, a_n$ étant obtenues de proche en proche, on arrive au développement (8) satisfaisant formellement à l'équation (6). Voyons dans quelles conditions ce développement est convergent.

Si nous remplacons $\mathrm{F}(\varphi)$ par une fonction majorante $\mathrm{F}_1(\varphi)$ et $\mathrm{K}(x,y)$ par une fonction positive $\mathrm{K}_1(x,y)$, telle qu'on ait

$$|\mathrm{K}(x, y)| < \mathrm{K}_1(x, y),$$

pour x et y compris entre a et b, et si la solution de l'équation

$$\varphi_1(x) = \lambda \int_a^b \mathrm{K}_1(x, y)\, \mathrm{F}_1[\varphi_1(y)]\, dy \tag{9}$$

est

(10) $$\varphi_1(x) = A_0(x) + \lambda A_1(x) + \ldots + \lambda^n A_n(x) + \ldots,$$

on démontre qu'on a $|a_n(x)| < A_n(x)$.

Si la série (7) est holomorphe pour $|\varphi| < \rho$ et si N est le maximum du module de sa somme dans ce domaine, on peut prendre comme majorante de $F(\varphi)$ l'expression

$$\frac{N\rho}{\rho - \varphi}.$$

Si l'on a en outre $|K(x, y)| < M$ pour $a \leqq x \leqq b$, $a \leqq y \leqq b$, pour prouver la convergence du développement (8), il suffit de prouver que l'équation intégrale

(11) $$\Phi(x) = \lambda \int_a^b \frac{MN\rho}{\rho - \Phi(y)} dy$$

admet une solution holomorphe autour de $\lambda = 0$.

$\Phi(x)$ étant indépendant de x en posant $\Phi(x) = C$, nous trouvons comme solution nulle pour $\lambda = 0$ la fonction

(12) $$C(\lambda) = \frac{1}{2}\left[\rho - \sqrt{\rho^2 - 4\lambda MN\rho(b-a)}\right],$$

solution *holomorphe* pour

(13) $$|\lambda| < \frac{\rho}{4MN(b-a)}.$$

Il en résulte que pour ces mêmes valeurs de λ et pour $a \leqq x \leqq b$ la série (8) est *absolument et uniformément convergente*.

Dans le cas particulier $F(\varphi) = e^\varphi$, on a $e^\varphi < e^\rho$ pour $|\varphi| < \rho$ et l'inégalité (13) devient

$$|\lambda| < \frac{\rho}{4Me^\rho(b-a)} = \rho';$$

ρ' est maximum pour $\rho = 1$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations intégrales non linéaires.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Émile Picard.

Les résultats de M. Schmidt sur les équations intégrales non linéaires peuvent s'obtenir par une voie différente de la sienne. Proposons-nous de chercher si l'équation

(1) $$\varphi(x) - \int_0^1 F[x, y, \varphi(y), \lambda]\, dy = 0$$

admet des solutions de la forme

$$(2) \qquad \varphi(x) = \varphi_0(x) + \lambda\,\varphi_1(x) + \ldots + \lambda^n \varphi_n(x) + \ldots,$$

φ_0 étant une solution donnée de l'équation (1) pour $\lambda = 0$. F est supposé développable suivant les puissances de $\varphi - \varphi_0$ et de λ. On trouve

$$(3) \qquad \varphi_n(x) - \int_0^1 K(x, y)\,\varphi_n(y)\,dy - \psi_n(x) = 0.$$

Si le déterminant Δ relatif au noyau K n'est pas nul, φ_n est bien déterminé. Si $\Delta = 0$, on a les conditions

$$(S_n) \qquad S_{n,i} = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, \nu)$$

et φ_n dépend de ν paramètres $a_{n,1}, \ldots, a_{n,\nu}$. Les conditions (S_n) sont des équations entre $a_{1,1}, \ldots, a_{n-1,\nu}$. Leur discussion n'offre aucune difficulté. Les a_n sont en général déterminés par le système (S_{n+1}); il n'est jamais nécessaire de considérer un système d'indice supérieur à $kn + p$, k et p étant indépendants de n. On évite d'ailleurs tout calcul en remarquant que les équations

$$(\Sigma) \qquad \Sigma_i = \lambda S_{1,i} + \ldots + \lambda^n S_{n,i} + \ldots = 0$$

sont des équations ordinaires par rapport aux inconnues

$$\alpha_i = \lambda a_{1,i} + \ldots + \lambda^n a_{n,i} + \ldots$$

et peuvent remplacer les équations (5). Les α doivent être des fonctions holomorphes s'annulant pour $\lambda = 0$.

Pour établir la convergence du développement obtenu, on commence par écrire à la place de F l'expression $\dfrac{m}{\left(1 + \dfrac{\varphi - m}{r}\right)\left(1 + \dfrac{\lambda}{r'}\right)}$, où $m < r$; c'est une fonction majorante de F à un facteur constant près. A la place de φ_n on a une constante positive Φ_n, et le développement obtenu est convergent. Revenant à F, on établit facilement, quand $\Delta \neq 0$, que $\frac{|\varphi_n|}{\Phi_n}$ est inférieur au $n^{\text{ième}}$ terme d'une progression géométrique. Si $\Delta = 0$, le raisonnement reste valable si l'on suppose que les développements α_i convergent pour λ assez petit. Alors le développement (2) et celui du premier membre de (1) seront convergents. En multipliant ce dernier par certaines fonctions de x et intégrant, on trouve les expressions Σ_i, dont on voit ainsi qu'elles convergent pour λ, $\alpha_1, \ldots, \alpha_\nu$ assez petits. Le théorème d'existence des fonctions implicites montre alors que les expressions α_i sont bien convergentes.

Les équations (Σ) peuvent n'être pas distinctes; dans ce cas les $a_{n,i}$ peuvent être choisis arbitrairement pour certaines valeurs de i; il faut seulement que α_i converge pour ces valeurs. A cette restriction près, tout développement (2) vérifiant formellement l'équation (1) converge pour λ assez petit.

Les équations (Σ) peuvent avoir un nombre fini quelconque de systèmes de solutions distincts. Elles peuvent n'en avoir aucun, par exemple si les conditions (S_1) ne sont pas vérifiées. On cherchera alors des solutions de (1) développables suivant les puissances de $\mu = \lambda^{\frac{1}{p}}$, p prenant successivement les valeurs 2, 3, ...; il suffira de remplacer λ par μ dans (2) et par μ^p dans (1); ce nouveau problème est donc un cas particulier du précédent. Si l'on trouve une solution de cette forme, on en déduit évidemment $p-1$ autres.

MÉCANIQUE. — *Sur l'ébranlement des édifices.* Note [1] de M. **B. Galitzine**, présentée par M. Bigourdan.

L'expérience montre que des moteurs plus ou moins puissants, animés de grandes vitesses de rotation et qui ne sont pas bien équilibrés, par exemple certains moteurs Diesel, produisent dans les édifices voisins des ébranlements continuels très sensibles, de sorte que le séjour dans ces maisons devient fort pénible. En outre, surtout si le sous-sol est marécageux, il se produit avec le temps, le long des murs, des crevasses qui peuvent devenir très menaçantes pour la solidité même de l'édifice.

Dans ces derniers temps, j'ai eu l'occasion de faire, à Saint-Pétersbourg, une étude spéciale sur ce sujet, dans deux maisons qui se trouvaient dans le voisinage d'un moteur Diesel à quatre cylindres, d'une puissance de 200 chevaux-vapeur, et dont les murs accusaient déjà quelques crevasses assez inquiétantes.

Les sismographes ordinaires se prêtent très mal à ce genre d'études; c'est pour cela que j'ai construit dans ce but un appareil spécial, basé sur l'application d'un ressort plat en acier. Cet appareil devait réaliser les conditions suivantes : être simple et facile à manipuler, assez sensible, servir à l'étude des mouvements tant horizontaux que verticaux des édifices, et en donner la valeur *absolue*.

[1] Présentée dans la séance du 4 avril 1910.

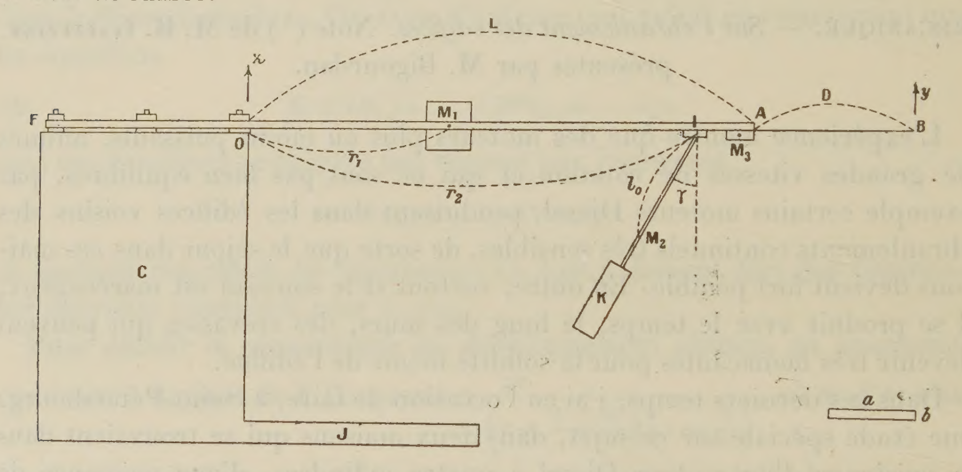
La figure ci-dessous donne un aperçu général de l'appareil.

CJ est un socle en fonte du poids de $82^{kg},4$. Sur la partie supérieure de ce socle se trouve fixée, entre des écrous, une lame plate en acier FA, dont la largeur est de $81^{mm},7$ et l'épaisseur $6^{mm},33$. Soient L la longueur libre de ce ressort et M la masse correspondante ($M = 2^{kg},596$).

Un poids M_1 de $3^{kg},265$ peut glisser le long de la lame FA, qui porte à sa partie supérieure une échelle divisée en centimètres, et être fixé à différentes distances r_1 de O, ce qui permet de varier la période propre T des oscillations de la lame.

K est une plaque en cuivre, attachée à la lame FA, qui peut se mouvoir entre les pôles d'un électro-aimant servant à amortir les mouvements propres du ressort.

Enfin AB = D est un stylet dont la pointe B enregistre le mouvement de la lame sur un cylindre tournant qui porte une feuille de papier couverte de noir de fumée.



Supposons maintenant que le plancher sur lequel l'appareil est installé oscille verticalement, et soit z le déplacement vrai du socle C de sa position d'équilibre; z peut être une fonction quelconque du temps t : $z = f(t)$.

Si nous désignons par y l'élongation de la pointe B de sa position normale, on trouve, en appliquant les méthodes de la théorie de l'élasticité et le principe de Lagrange, que y doit satisfaire à l'équation différentielle suivante :

$$y'' + 2\varepsilon y' + n^2 y + \sigma z'' = 0; \tag{1}$$

ε, n et σ sont trois constantes de l'appareil : ε dépend de l'amortissement,

n de la période propre de la lame sans amortissement $\left(n=\frac{2\pi}{T}\right)$, et σ est un facteur qui caractérise à un certain point la sensibilité de l'appareil.

n^2 et σ sont donnés par les formules suivantes :

(2) $$n^2=\frac{\varepsilon ab^3}{9L^3H_2},$$

(3) $$\sigma=\frac{2}{3}\frac{H_1}{H_2}\left(1+\frac{3}{2}\frac{D}{L}\right),$$

$$H_1=\frac{1}{4}M+M_1\rho_1+M_2\rho_2\left(1-\beta\frac{l_0}{r_2}\sin\gamma\right)+M_3\rho_3,$$

$$H_2=\frac{11}{105}M+M_1\rho_1^2+M_2\rho_2^2\left(1-2\beta\frac{l_0}{r_2}\sin\gamma+\beta^2\frac{l^2}{r_2^2}\right)+M_3\rho_3^2,$$

$$\rho_k=\left(\frac{r_k}{L}\right)^2\left(1-\frac{1}{3}\frac{r_k}{L}\right)\quad\text{et}\quad\beta=2\frac{1-\frac{1}{2}\frac{r_2}{L}}{1-\frac{1}{3}\frac{r_2}{L}};$$

l_0 est la distance du centre de gravité et l celle du cercle d'inertie de la masse M_2 au point I; ε est le module d'élasticité.

L'expérience montre que, sous l'influence de la marche d'un moteur Diesel, la pointe B décrit une sinusoïde singulière.

Posons, par suite,

(4) $$y=y_m\sin\left(2\pi\frac{t}{T_p}+\varphi\right).$$

L'amplitude y_m et la période T_p peuvent être immédiatement déduites de la courbe correspondante.

On trouve alors facilement que le mouvement du plancher doit suivre aussi la même loi d'oscillation avec la même période T_p :

(5) $$z=z_m\sin\left(2\pi\frac{t}{T_p}+\varphi_1\right).$$

En posant

$$\frac{T_p}{T}=u\quad\text{et}\quad\frac{\varepsilon}{n}=h,$$

on trouve facilement, pour l'amplitude z_m du mouvement cherché, l'expression très simple qui suit :

(6) $$z_m=\frac{1}{\sigma}y_m\sqrt{(u^2-1)^2+4\lambda^2u^2}.$$

Cette formule permet, si l'on connaît les trois constantes de l'appareil (T, h et σ) qui, du reste, se laissent facilement déterminer, de calculer l'amplitude vraie du mouvement vertical du plancher.

Pour étudier les mouvements horizontaux, on n'a qu'à fixer la lame d'acier sur un des côtés du socle en fonte en la tournant de 90°. Les mêmes formules s'appliquent à ce cas. On peut ainsi étudier les mouvements de déplacement du socle suivant les trois axes de coordonnées.

Si les vibrations z_m sont assez intenses, il est avantageux d'introduire l'amortissement électromagnétique; mais si z_m est très faible, il est mieux de supprimer l'amortissement pour augmenter la sensibilité de l'appareil. Dans ce dernier cas h^2 sera très petit et l'appareil atteindra sa plus grande sensibilité quand u sera voisin de l'unité, c'est-à-dire quand la période propre de la lame sera presque en résonance avec la période du moteur Diesel.

On trouve en effet en déplaçant la masse M_1 le long de la lame FA, que l'amplitude y_m augmente, passe par un maximum et diminue ensuite.

En utilisant l'effet de résonance, cet appareil assez primitif comporte une très grande sensibilité et peut servir à la détermination de z_m avec une précision tout à fait suffisante, vu que l'erreur dans la valeur relative de z_m est seulement de l'ordre d'un micron ou, dans des conditions favorables, même d'une fraction de micron.

OPTIQUE. — *Sources lumineuses à surfaces réduites employées normalement ou obliquement. Sources lumineuses en mouvement. Applications pratiques.* Note de M. **Dussaud**. (Extrait.)

Je me suis proposé de comparer des sources lumineuses à surfaces réduites employées normalement ou obliquement à une source lumineuse fixe et connue.

Mes premières expériences ont été réalisées avec deux sources spéciales :

1° Une lampe électrique à incandescence de 100 bougies dont l'axe est horizontal et qui est formée de filaments de 2^{cm} de longueur. Ces filaments, placés dans des plans parallèles, sont orientés à intervalles angulaires égaux de manière que leurs lumières ne se cachent pas les unes les autres.

On fait tourner la lampe et les filaments incandescents donnent à l'observateur qui regarde la tête de la lampe la sensation d'un cercle de feu continu.

2° Une lampe électrique à incandescence de 100 bougies dont l'axe est encore horizontal et qui est formée de filaments de 2^{cm} de longueur. Ces filaments sont

disposés dans deux plans verticaux dont l'angle dièdre se trouve à la douille de la lampe, l'écart des plans à l'autre extrémité étant de 2^{cm}.

On donne à la lampe un mouvement de translation alternatif rapide et peu étendu, perpendiculaire au plan bissecteur de l'angle dièdre des plans verticaux; les filaments incandescents donnent l'impression d'un carré lumineux à l'observateur qui regarde la tête de la lampe.

Les mouvements de rotation dans le premier cas et de translation dans le deuxième cas ont pour objet de supprimer la vue diffusée des filaments et de leur substituer une surface lumineuse continue telle que celle qu'on obtient avec un verre dépoli lorsque l'emploi de ce verre n'occasionne pas une perte de lumière gênant le résultat qu'on veut atteindre.

J'ai comparé ces deux sources à un arc électrique.

J'ai pris un poste cinématographique ordinaire fonctionnant avec un arc de plus de 2000 bougies alimenté par un courant de 110 volts et 25 ampères; la dynamo était actionnée par un moteur à pétrole de 3 chevaux. A cause du danger d'inflammation des bandes de celluloïd, de l'énorme chaleur de l'arc, de la grande quantité de lumière qui tend à s'échapper de la lanterne et à gêner les projections, le cinématographe était installé comme à l'ordinaire dans la cabine de fer obligatoire; on sait que le condensateur ne recueille qu'une minime portion de la lumière de l'arc, la plus grande partie étant perdue pour la projection.

Avec l'arc j'avais obtenu une projection satisfaisante de 3^{m} de largeur environ; à côté de cette installation j'ai disposé sur une simple table un cinématographe identique; derrière la fenêtre de ce second cinématographe, j'ai placé successivement les lampes de 100 bougies que j'avais réalisées; elles m'ont donné une projection sensiblement égale à celle que me donnait l'arc de 2000 bougies.

Mes lampes étaient protégées latéralement par un tube de métal et, comme elles ne donnaient pas de chaleur dangereuse et incommodante, la lanterne, les condensateurs, la cuve à eau alunisée, la cabine en fer devenaient inutiles.

Mes lampes de 110 volts étaient branchées sur le courant du secteur ou, en son absence, sur des accumulateurs de 6^{dm^3} facilement transportables à la main et permettant 1 heure de projection; enfin un groupe électrogène de $\frac{1}{7}$ de cheval était suffisant pour alimenter mes lampes, alors qu'il fallait 3 chevaux-vapeur pour alimenter l'arc.

Il est très important de faire remarquer que l'absence de chaleur permet de ralentir à volonté le déroulement de la pellicule cinématographique ou même de l'arrêter pour étudier, en les fixant sur l'écran, les différentes phases d'un mouvement, ou de reposer l'œil sans interrompre le spectacle dans les moments où la pellicule ne représente que des objets au repos.

Les dispositions précédentes s'appliquent au cas où la surface à éclairer ne dépasse pas la surface de la lampe, comme dans le cas du cinématographe, de l'étude au microscope, mais mes lampes peuvent être appliquées

à tous usages avec un condensateur ou un réflecteur, par exemple aux phares.

J'ai étendu mes recherches à des sources d'énergie variées en imprimant un mouvement de rotation à une portion de parabole à laquelle je puis fixer à volonté soit une lampe à incandescence du commerce construite pour le maximum de lumière ou de chaleur, soit une sonnerie électrique, soit des sphères à décharges oscillantes; on a un renforcement des effets dans une direction perpendiculaire au plan de rotation.

PHYSIQUE. — *Rôle lubrifiant de l'air dans le frottement des solides. Frottement dans le vide.* Note de M. **F. Charron**, présentée par M. E. Bouty.

I. Lorsque deux corps glissent l'un sur l'autre, il y a, en général, un mutuel arrachement de particules, ce qui rend le phénomène complexe. Réservons l'expression de frottement pur au cas de deux corps, parfaitement polis, restant polis pendant le frottement.

Mais dans l'étude du frottement pur, un phénomène se présente, qui était masqué dans le cas du frottement ordinaire. On remarque une diminution progressive du coefficient de frottement quand la vitesse augmente, et celui-ci s'annule presque pour une certaine valeur de la vitesse que j'appellerai *vitesse critique*.

Cette diminution de frottement tient à une couche d'air qui s'interpose plus ou moins entre les deux corps en présence pour des vitesses inférieures à la vitesse critique, et qui les sépare complètement l'un de l'autre pour des vitesses égales ou supérieures.

Hirn [1] avait déjà remarqué, sans l'étudier ni préciser les conditions sous lesquelles elle se produit, cette action lubrifiante de l'air.

Mes expériences ont porté sur des échantillons, polis suivant une face plane, de cuivre, de fonte, de graphite, glissant sur une glace plane, nue ou argentée.

L'appareil se compose d'un disque en bonne glace de Saint-Gobain, mobile sans jeu autour d'un axe vertical. Ce disque tourne parfaitement plan : les images des objets extérieurs données par la glace restent fixes quand le disque tourne.

Un frotteur constitué par un des échantillons ci-dessus repose sur le disque et est

---

[1] *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, 1855.

attaché par deux fils fins et souples, formant un triangle, à une sorte de fléau de balance muni d'un amortisseur. Un jeu de petits miroirs et une lunette portant une échelle divisée permettent d'apprécier exactement les déplacements du fléau et d'en déduire la force de frottement.

Les vitesses des points du disque en contact avec le frotteur sont dirigées suivant la bissectrice des deux fils.

Avant chaque expérience, le disque était soigneusement nettoyé à l'alcool et, pendant l'expérience tout entière, un tampon de ouate frottait légèrement sur le verre, pour le maintenir exempt de poussières et enlever les parcelles du frotteur qui auraient pu s'y déposer.

La lunette était pointée sur le zéro de l'échelle, lorsque l'appareil était au repos, les fils non tendus. On chargeait le frotteur d'un poids connu et l'on faisait tourner le disque à faible vitesse. Soit 20 la nouvelle division de l'échelle au réticule de la lunette.

En augmentant progressivement la vitesse, on voyait la déviation diminuer et tomber au-dessous de 1, la force devenait si faible que les fils n'étaient plus tendus. Cette petite force qui agissait sur le frotteur n'était due qu'à la viscosité de la couche gazeuse qui le séparait du disque.

En plaçant une source lumineuse dans le plan du disque, on pouvait observer cette couche gazeuse et même mesurer son épaisseur au moyen d'une lunette munie d'un oculaire micrométrique. On constatait que, seulement pour des vitesses égales ou supérieures à la vitesse critique, elle séparait complètement le frotteur du disque. Son épaisseur n'était pas uniforme, mais plus grande à l'avant qu'à l'arrière. La valeur moyenne variait avec les conditions de l'expérience et pouvait atteindre quelques centièmes de millimètre.

La vitesse critique, définie ci-dessus, doit varier avec la nature et l'état du lubrifiant, ainsi qu'avec la charge et les formes géométriques du frotteur.

Avec un frotteur en graphite dont la base rectangulaire a 1^{cm^2} de surface, pesant $1^g,4$ et chargé de différents poids, j'ai trouvé les résultats suivants :

Charges en grammes-poids.	Vitesses critiques en centimètres par seconde.
1,4	192
2,4	262
3,4	290
6,4	437
11,4	770

Ces nombres ne doivent être considérés que comme une première approximation. La vitesse critique est assez difficile à évaluer. D'ailleurs le frotteur et le disque sont électrisés en sens contraire et leur attraction électrostatique s'ajoute au poids du frotteur.

II. *Frottement dans le vide.* — Puisque l'air agit d'une façon très sensible, comme lubrifiant, surtout avec de faibles charges par unité de sur-

face, il est opportun de se débarrasser de cette cause perturbatrice et d'étudier le frottement dans le vide.

J'ai fait construire une caisse en fonte ouverte en dessus; le contour en est soigneusement raboté. Une boîte à cuir étanche, traversée par un axe, permet de faire tourner le disque. Le dispositif décrit précédemment peut être logé à l'intérieur de la caisse, et une glace suiffée, posée sur l'encadrement raboté, ferme hermétiquement et laisse passer les rayons lumineux qui repèrent la position du fléau.

A mesure qu'on raréfie l'air dans le récipient, on remarque que le frottement varie de moins en moins avec la vitesse. Toutefois les variations sont encore très sensibles sous une pression de 2^{cm} à 3^{cm} de mercure avec le frotteur précédent chargé de 4^{g}. En poussant le vide jusqu'à 1^{mm}, au moyen d'une bonne machine à mercure, le coefficient de frottement a paru très sensiblement indépendant de la vitesse, ce qui confirme le rôle attribué à l'air dans la première partie de ce travail.

Je poursuis l'étude du frottement dans un vide plus parfait, ainsi que celle du rôle lubrifiant des divers gaz.

ÉLECTRICITÉ. — *Loi générale du rendement relative à un générateur ou à un récepteur avec branche dérivée. Cas des dynamos.* Note de M. E. **Haudié**, présentée par M. E. Bouty.

La loi du rendement de Siemens ne concerne que le cas simple d'un circuit unique. D'après cette loi, on n'obtient un bon rendement qu'à la condition de recourir à de faibles intensités, par suite de ne mettre en jeu que de faibles puissances; autrement dit, la loi de Siemens impose un travail lent.

D'autre part toute dynamo industrielle, par le fait même qu'elle comporte une branche dérivée, échappe à la loi de Siemens; elle donne effectivement, dans toutes les circonstances usuelles de son fonctionnement, des rendements élevés.

Pour rechercher ce que devient alors la loi du rendement, et pour dégager la forme générale sous laquelle elle est susceptible de s'exprimer, il convient d'envisager les différentes sortes de puissance utilisable, et de se placer dans toutes les conditions usuelles de fonctionnement d'une génératrice ou réceptrice avec branche dérivée. (D'ailleurs le cas d''un récepteur se ramène immédiatement à celui d'un générateur.)

Les résultats auxquels on parvient sont les suivants :

Pour tout *générateur* avec dérivation, et dans toutes les conditions de fonctionnement, le rendement part de zéro quand l'intensité débitée est la plus faible possible, et passe ensuite par un maximum dont il est toujours possible de calculer les éléments.

On désignera par R la résistance du circuit extérieur, par r' la résistance de la branche dérivée, par r la résistance intérieure de la branche génératrice, et l'on posera

$$r + r' = p, \qquad R + r' = q.$$

A. *Puissance extérieure disponible.* — 1° Quand l'élément constant est la force électromotrice E, le rendement maximum a lieu pour une intensité totale débitée I, telle que

$$I = \frac{E}{\sqrt{r(r+r')}} \quad \text{ou} \quad I = \frac{E}{\sqrt{pr}};$$

et ce rendement a pour expression

$$\eta = 1 - \frac{2}{r'}\left[\sqrt{r(r+r')} - r\right] \quad (^1),$$

ou

$$\eta = \left(\sqrt{1 + \frac{r}{r'}} - \sqrt{\frac{r}{r'}}\right)^2, \quad \text{c'est-à-dire} \quad \eta = \left(\sqrt{\frac{p}{r'}} - \sqrt{\frac{r}{r'}}\right)^2.$$

Dans le cas où il s'agit, non d'une dynamo en simple dérivation, mais d'une compound en longue dérivation, r représente la somme des résistances r_1 et r_2 de l'induit et de l'inducteur-série.

2° Quand l'élément maintenu constant est la différence de potentiel aux bornes e, les expressions, comme il était à prévoir, sont exactement les mêmes, si E représente toujours la force électromotrice correspondante.

En fonction de e, on aurait

$$I = \frac{e}{r'}\left(\sqrt{\frac{p}{r}} + 1\right).$$

B. *Puissance utilisable sous forme chimique ou mécanique.* — Quand on envisage seulement la fraction de la puissance extérieure apparue sous la forme chimique ou mécanique, on trouve encore que les expressions demeurent les mêmes, que l'élément

---

(1) L'existence d'un maximum de rendement dans ce cas a été établie par Lord Kelvin qui s'est borné à une expression approchée du rendement. L'expression rigoureuse est due à P. Silv. Thompson (*Mach. dyn. électr.*, 3e édit. fr., 1900, p. 191) qui s'est arrêté à la forme

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{2}{r'}\left[\sqrt{r(r+r')} + r\right]}.$$

constant soit la force électromotrice E ou la différence de potentiel e aux bornes du générateur. Dans l'un et l'autre cas, le rendement maximum a lieu pour une intensité totale

$$(a)\qquad I = \frac{qE}{\sqrt{pq(pq - r'^2)}};$$

et il a lui-même pour expression

$$(b)\qquad \eta = \frac{(\sqrt{pq} - \sqrt{pq - r'^2})^2}{r'^2}.$$

On peut obtenir également l'expression directe de I en fonction de e.

Pour revenir au cas précédent, il suffit naturellement de supposer $R = 0$; effectivement les expressions (a) et (b) se réduisent bien alors aux précédentes, qui n'en sont par suite qu'un cas particulier.

C. *Puissance disponible à l'extrémité d'une ligne.* — Ce cas revient exactement au précédent, sauf dans le cas de la dynamo hypercompound, c'est-à-dire quand la différence de potentiel maintenue constante est la différence de potentiel à l'extrémité de la ligne.

Dans ce cas, le calcul conduit encore, pour l'intensité I et le rendement maximum, aux mêmes expressions (a) et (b).

On peut remarquer que ce cas est en même temps celui de la dynamo compound en courte dérivation avec différence de potentiel constante aux bornes, la résistance de l'inducteur-série jouant alors le rôle de la résistance de la ligne.

Le cas d'un *récepteur* se ramène à celui d'un générateur.

On voit sans peine qu'un moteur avec dérivation revient au cas d'un générateur (B), la différence de potentiel aux bornes du récepteur jouant le rôle de la force électromotrice du générateur.

Il suffit pour cela, dans le cas d'un moteur en simple dérivation, ou compound en longue dérivation, de supposer $r = 0$, et d'attribuer à R une signification inverse, celle d'une résistance intérieure, la résistance de la branche de l'induit comprise entre les deux extrémités de l'excitation dérivée. R doit donc être remplacé par E, c'est-à-dire $r_1 + r_2$ dans le cas du moteur compound.

Dans le cas du moteur compound en courte dérivation, on doit prendre $r = r_2$; quant à R, qui conserve la même signification, il doit alors être remplacé par r_1.

Les calculs directs confirment rigoureusement ces prévisions.

De sorte que pour tout générateur ou récepteur, la présence d'une branche dérivée détermine une transposition complète de la loi du rendement électrique.

Le rendement maximum n'est plus du tout, comme dans le cas d'une génératrice ou d'un moteur simple, un rendement limite dont on ne peut s'approcher qu'en ayant recours à des intensités de plus en plus faibles.

Tout au contraire, *le rendement est nul quand l'intensité débitée ou absorbée*

est la plus faible possible. Et c'est pour l'intensité finie

$$I = \frac{qE}{\sqrt{pq(pq - r'^2)}}$$

que le rendement est maximum et atteint la valeur

$$\eta = \frac{(\sqrt{pq} - \sqrt{pq - r'^2})^2}{r'^2}.$$

Telle est la raison pour laquelle il est si aisé d'obtenir industriellement de bons rendements. La loi n'est plus du tout celle de Siemens. Un rendement élevé ne suppose plus un travail lent.

D'ailleurs, avec les données numériques usuelles des dynamos, ce maximum est loin d'avoir lieu pour de faibles intensités; en outre, il est très peu accusé; de sorte que, dans de très larges limites, le rendement variant peu, les expressions précédentes donnent immédiatement les valeurs approchées des rendements industriellement réalisés.

La loi de la puissance maxima de Jacobi se prête de la même manière à une généralisation analogue.

ÉLECTRICITÉ. — *Mesure des très hauts potentiels au moyen d'électromètres sous pression.* Note de MM. **C.-E. Guye** et **A. Tscherniavski**, présentée par M. Villard.

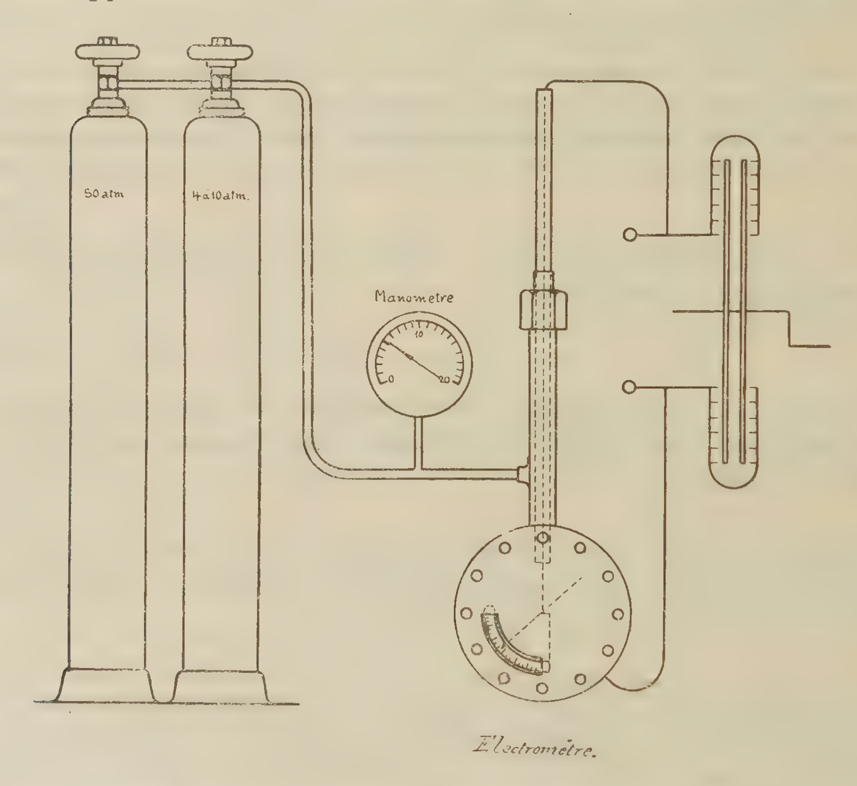
La mesure des très hauts potentiels présente, comme on sait, de grandes difficultés, particulièrement lorsque les sources d'électricité dont on dispose ont un faible débit (machines électrostatiques).

Dès qu'on atteint 40000 volts environ, les aigrettes apparaissent généralement de toute part et limitent rapidement le potentiel qu'il est possible d'atteindre. En outre, la distance que franchit l'étincelle disruptive augmentant très rapidement, on est obligé d'éloigner toujours davantage les pièces mobiles entre lesquelles, dans un électromètre, agit la différence de potentiel et s'exercent les actions électrostatiques. On est ainsi forcément conduit à l'emploi d'appareils volumineux et peu précis. Cette imprécision peut, en outre, être accrue par l'action du vent électrique qui s'échappe des pièces mobiles saillantes.

Nous avons évité totalement ces inconvénients en plaçant l'électromètre dans une boîte résistante, à l'intérieur de laquelle on peut introduire un gaz

comprimé. L'avantage qui résulte de ce dispositif peut être évalué, approximativement ([1]), par la loi de Paschen $V = f\left(\frac{pd}{T}\right)$; V potentiel disruptif, p pression du gaz, d distance des pièces entre lesquelles agit la différence de potentiel, T température absolue du gaz.

Pour une même différence de potentiel, on pourra donc rapprocher d'autant plus les pièces mobiles que la pression du gaz sera plus élevée, et cette diminution de distance aura pour effet d'augmenter très rapidement l'intensité des actions électrostatiques, c'est-à-dire la sécurité des indications de l'appareil.



On remarquera que la constante de l'instrument est à peu près indépendante de la pression du gaz.

La constante diélectrique des gaz comprimés est, en effet, régie par la relation de

([1]) En toute rigueur, la loi de Paschen ne s'applique qu'au cas d'un champ uniforme, entre deux plateaux parallèles, par exemple.

Maxwell $K = n^2$ et par conséquent par celle de Lorentz $\frac{n^2-1}{\delta}$ = constante. La correction qui en résulte jusqu'à 10^{atm} est en général négligeable.

Il n'est donc pas nécessaire de mesurer la pression, il suffit de la maintenir assez élevée pour empêcher la décharge disruptive et les aigrettes à l'intérieur de l'appareil. Enfin, lorsque l'appareil est muni d'un amortisseur à air, on peut régler convenablement cet amortissement en faisant varier la pression du gaz.

En résumé, les avantages sont : 1° *suppression des effluves, des aigrettes et du vent électrique ;* 2° *rapprochement des pièces entre lesquelles s'exercent les actions électrostatiques et augmentation de l'intensité de ces actions ;* 3° *constante de l'appareil à peu près indépendante de la pression du gaz ;* 4° *amortissement facilement réglable.*

La figure ci-contre représente le schéma employé pour la mesure de la tension d'une machine Wimshurst, au moyen d'un électromètre de Braun. L'appareil une fois gradué avec un électromètre absolu pour un potentiel de 20 000 volts environ, on peut à volonté changer sa sensibilité par l'adjonction d'une petite surcharge p (feuille de platine) placée à une distance connue de l'axe de rotation de l'aiguille. Ce dispositif nous a permis de mesurer sans difficulté 80 000 volts (tension d'une machine Wimshurst de faible débit), avec une pression de 4^{atm} à 9^{atm}. On peut espérer l'utiliser pour la mesure de tensions beaucoup plus élevées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'analyse magnéto-chimique des terres rares.* Note de M. G. **Urbain**, présentée par M. A. Haller.

Dans les séparations des terres rares, il est nécessaire de contrôler de temps en temps le progrès des séparations. Qualitativement, on y parvient par l'étude des spectres, mais au point de vue quantitatif, la seule méthode générale est la détermination des poids atomiques. Quand il s'agit de corps voisins dont les poids atomiques diffèrent peu, une très haute précision devient nécessaire. Des mesures de poids atomiques au millième sont déjà difficiles à réaliser et, dans ces conditions, la composition de tels mélanges n'est donnée qu'avec une précision insuffisante.

Pour obtenir une différentiation quantitative plus précise, il y a avantage à s'adresser à une propriété dont la grandeur varie beaucoup plus d'un terme à l'autre de la série que celle des poids atomiques. Tel est le cas pour les coefficients d'aimantation qui d'une terre à l'autre varient dans des propor-

tions considérables, ainsi que cela résulte des recherches de M. Stephan Meyer qui a le premier attiré l'attention sur l'application qui fait l'objet de cette Note et de celles que M. Jantsch et moi avons faites ensuite. (Stephan Meyer, *Sitz. Ber. Wien. Akad.*, 23 janvier 1902; G. Urbain et Jantsch, *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 1216.)

La balance magnétique de P. Curie et Chéneveau convient parfaitement à ce genre de mesures. On peut opérer soit sur des solutions, soit sur des sels solides. Il est particulièrement commode de faire porter les mesures sur les oxydes provenant d'une calcination récente des oxalates. C'est en effet à cette forme que les terres rares sont constamment ramenées dans les traitements.

Pour pouvoir appliquer cette méthode à l'analyse de mélanges de terres rares, il fallait d'abord déterminer suivant quelle loi le magnétisme varie en fonction de la composition. Les expériences ont porté sur divers mélanges obtenus par voie chimique à partir des corps purs. Les résultats de chaque série d'expériences ont pu être représentés par des droites. Avec les oxydes l'écart n'a jamais dépassé le trentième et, avec des dissolutions suffisamment concentrées, on peut obtenir une précision de l'ordre du cinquantième. L'expérience a montré qu'en prenant les moyennes de plusieurs mesures, la méthode magnétique permet de déterminer la composition d'un mélange de deux terres voisines à deux ou trois centièmes près.

Si l'on considère qu'une mesure de coefficient d'aimantation se fait en quelques minutes alors qu'une mesure de poids atomique au millième exige plusieurs jours de travail pour donner finalement des résultats beaucoup moins précis, on comprendra l'immense avantage que présente la nouvelle méthode dans des recherches rendues déjà très pénibles par la difficulté des réparations.

La combinaison des deux méthodes présente dans certains cas pour la recherche un grand intérêt. On peut ainsi interpréter certaines particularités que présentent les traitements, pour lesquelles l'étude toujours délicate des spectres ne pourrait donner que des indications qualitatives.

L'exemple suivant qui se rapporte aux termes de mes fractionnements compris entre le dysprosium et l'yttrium fera ressortir l'intérêt que présente la combinaison des deux méthodes.

En admettant que ces terres ne renferment que du dysprosium et de l'yttrium, il est facile de calculer le magnétisme correspondant à chaque valeur des poids atomiques. On peut ainsi tracer une courbe théorique et

lui comparer la courbe expérimentale :

Numéros des fractions.	Poids atomique.	$x\,10^6$ calculé.	$x\,10^6$ trouvé.	Δ.
43..........	162,0	299	302	+ 3
45..........	161,8	298	296	+ 2
47..........	160,9	296	284	—12
49..........	152,6	274	263	—11
51..........	125,0	184	153	—31
53..........	96,1	45,0	45,5	+ 0,5
55..........	91,2	14,5	16,0	+ 1,5
57..........	89,7	4,68	7,35	+ 2,67
59..........	89,1	0,67	3,44	+ 2,77

Si l'on néglige les deux premières valeurs trouvées qui se confondent pratiquement avec les valeurs calculées, on constate pour les fractions comprises entre 47 et 51 un excès très notable des nombres calculés sur les nombres trouvés. Cet excès est dû à la présence du holmium qui s'accumule en effet dans cette partie du fractionnement. Par contre, on constate pour les fractions comprises entre 55 et 59 un excès de signe contraire entre les valeurs trouvées et les valeurs calculées. Cette différence est attribuable à une petite quantité d'erbium. L'yttria pure est légèrement diamagnétique; j'ai admis dans le calcul que ce diamagnétisme était négligeable.

Cette méthode permet donc de s'assurer si dans les fractions intermédiaires d'une séparation de deux corps considérés comme voisins, il n'existe pas d'autres corps dont la présence n'aurait pas été révélée par l'observation des spectres.

THERMOCHIMIE. — *Détermination des quantités de chaleur dégagées lors de l'addition du brome à quelques substances non saturées.* Note de M. **W. Louguinine**, présentée par M. Jungfleisch.

Nous avons, dans une série de Mémoires publiés en collaboration avec M. Kablukoff [1], décrit une méthode permettant de mesurer directement les chaleurs d'addition du brome à quelques substances non saturées et indiqué les résultats relatifs à plusieurs de ces corps. J'ai cherché, par la suite,

---

(1) *Journal de Chimie physique*, t. IV, p. 209-221, 489-506; t. V, p. 186-202.

à étendre ces déterminations à un plus grand nombre de substances. Je me suis heurté, dans cette voie, à des obstacles tels que la lenteur de réaction ou la substitution trop forte du brome à l'hydrogène. J'ai pu toutefois, malgré ces difficultés, étendre la méthode à six substances nouvelles. Ce sont les résultats relatifs à ces corps que je publie aujourd'hui.

Le solvant employé a été, dans tous les cas, le tétrachlorure de carbone, le brome (8^g environ) était lui-même dilué de son poids environ du même solvant. Le dispositif expérimental restait le même que dans mes anciennes expériences. Les corrections de température n'ont dépassé que rarement 3 pour 100 de l'élévation totale de température du calorimètre.

Les substances utilisées, dont je n'indique pas spécialement l'origine, provenaient de la manufacture de Kahlbaum. Elles ont été soigneusement purifiées et analysées. Je dois ici remercier M. A. Meyer qui a bien voulu se charger de cette partie du travail et y a apporté le plus grand soin.

A. Les résultats obtenus ont été les suivants :

I. *Caprylène*. — Le caprylène secondaire, utilisé dans ces expériences, bouillait à 122°-123°. Deux expériences nous ont donné respectivement $28\,366^{cal}$ et $28\,446^{cal}$, soit, en moyenne, $28\,406^{cal}$ par molécule-gramme pour la réaction :

$$C^5H^{11} - CH = CH - CH^3 + Br^2 = C^5H^{11} - CHBr - CHBr.CH^3 \ldots \quad +28\,406^{cal}$$

Le brome dégagé sous forme d'acide bromhydrique était inférieur à 0,5 pour 100 du brome employé.

II. *Styrolène*. — Ce liquide bouillait à 54°-55° sous 28^{mm}. J'ai obtenu dans deux expériences, respectivement $23\,935^{cal}$ et $24\,072^{cal}$, soit, en moyenne, $24\,003^{cal}$ par molécule-gramme de brôme ; et l'on peut écrire la réaction :

$$C^6H^5 - CH = CH^2 + Br^2 = C^6H^5 - CHBr - CH^2Br \ldots\ldots \quad +24\,003^{cal}$$

Le brome substitué était inférieur à 0,3 pour 100 du brome employé.

III. *Cyclohexène*. — Ce corps, obtenu par la déshydratation du cyclohexanol, bouillait à 83°-84° sous 762^{mm}. Deux expériences m'ont donné $28\,910^{cal}$ et $29\,104^{cal}$, soit, en moyenne, $29\,007^{cal}$ par molécule-gramme pour la réaction :

$$C^6H^{10} + Br^2 = C^6H^{10}Br^2 \ldots\ldots \quad +29\,007^{cal}$$

Le brome substitué était inférieur à 1 pour 100 du brome employé.

IV. *Méthylcyclohexène*-1.3. — Produit par la déshydratation du *p*-méthyl-

cyclohexanol, il bouillait à 102°-102°,5 sous 755^{mm}. J'ai obtenu dans deux expériences les nombres 29177^{cal} et 29199^{cal}, soit, en moyenne, 29188^{cal} par molécule-gramme dans la réaction qui peut se formuler :

$$CH^3 - C^6H^9 + Br^2 = CH^3 - C^6H^9Br^2 \ldots\ldots\ldots\ldots \quad +29\,188^{cal}$$

Le brome substitué était inférieur à 1,5 pour 100 du brome employé.

V. *Phénylpropiolate d'éthyle.* — Ce corps, produit par éthérification de l'acide phénylpropiolique, bouillait à 137°-138° sous 13^{mm}. Deux expériences ont donné comme résultat : 29184^{cal} et 29056^{cal} soit, en moyenne, 29120^{cal} pour la réaction :

$$C^6H^5 - C \equiv C - CO^2 - C^2H^5 + Br^2 = C^6H^5 - CBr = CBr - CO^2 - C^2H^5 \ldots \quad +29\,120^{cal}$$

On n'a pu déceler que des traces d'acide bromhydrique.

VI. *Pulégone.* — Ce liquide bouillait à 102°-103° sous 15^{mm}. Il m'a donné, dans deux expériences : 21982^{cal} et 21811^{cal}, soit, en moyenne, 21897^{cal} par molécule-gramme de brome fixé. La réaction peut s'écrire :

$$C^{10}H^{16}O + Br^2 = C^{10}HO^{16}Br^2 \ldots\ldots\ldots\ldots \quad +21\,897^{cal}$$

Le brome substitué était, ici encore, inférieur à 0,3 pour 100 du brome employé.

B. Tous les nombres donnés ci-dessus sont relatifs aux corps dissous dans le tétrachlorure de carbone. Si l'on veut passer aux chaleurs dégagées par les réactions entre les corps à l'état pur, les corrections sont négligeables quand il s'agit de corps liquides. Seul le styrolène, parmi les corps étudiés dans cette Note, donne un bromure solide.

En conséquence, la chaleur de dissolution du bromure de styrolène dans le tétrachlorure de carbone a été déterminée et trouvée égale à — 5415^{cal}. Il s'ensuit que la chaleur de fixation du brome sur le styrolène à l'état pur serait 24003 + 5415 = 29418^{cal}.

C. *Conclusions.* — En rapprochant ces résultats de ceux de mes précédents Mémoires, on constate les faits suivants :

1° Le nombre trouvé pour le *caprylène* est très voisin des nombres déjà trouvés pour ses homologues : il se place entre celui relatif au *triméthyléthylène* (double liaison entre un carbone tertiaire et un carbone secondaire) et celui relatif à l'*hexylène* (double liaison entre un carbone primaire et un secondaire).

2° Pour les carbures cycliques éthyléniques, les nombres trouvés sont notablement plus forts que ceux relatifs aux carbures gras correspondants.

3° Conformément encore aux résultats déjà acquis, la présence d'un groupe cétonique, dans la *pulégone*, abaisse notablement la chaleur dégagée par la fixation du brome sur la double liaison.

4° Enfin le cas intéressant d'un éther-sel acétylénique nous donne, pour la fixation d'une seule molécule de brome, un nombre tout à fait comparable à ceux relatifs aux carbures éthyléniques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les azotures et les oxydes extraits de l'aluminium chauffé à l'air*. Note de M. **E. Kohn-Abrest**, présentée par M. Armand Gautier.

J'ai indiqué en 1905 [1] quelques résultats obtenus en chauffant dans l'air la poudre d'aluminium. J'ai depuis repris cette étude.

Lorsqu'on introduit dans un tube de porcelaine chauffé électriquement des nacelles renfermant de la poudre d'aluminium, on constate que celles-ci augmentent de poids. L'augmentation dépend des conditions de l'expérience. J'ai décrit antérieurement les modifications d'aspect présentées par la poudre d'aluminium au cours d'un chauffage prolongé pendant 10 minutes.

En multipliant les expériences entre 500 et 800, on observe un point singulier dans le tracé obtenu en prenant pour coordonnées la température et l'augmentation de poids subi par la nacelle. Cette augmentation est due à une fixation d'oxygène et d'azote en proportions variables. Le Tableau suivant permet de se rendre compte de la marche de la fixation :

Températures.	Augmentation de poids pour 100 de matière première.	Azote fixé.	Oxygène fixé.
540°	2,9	Traces	2,9
610 (point singulier)	6,0	Traces	6,0
680	4,6	0,18	4,42
710	4,3	0,53	3,77
740	5,2	1,3	3,90
810	4,1	0,56	3,54
890	11,6	5,68	5,92
925	12,7	6,30	6,40
1125	34,3	22,90	11,80

Durée de chauffage : 10 minutes.

(1) *Comptes rendus*, juillet 1905. — Voir aussi Pionchon, *Comptes rendus*, 1893.

Ainsi, à 600°, il y a un maximum relatif de fixation d'oxygène et pas de fixation d'azote. Lorsqu'on prolonge la durée du chauffage de la poudre à cette température, on constate qu'au bout de 2 heures la fixation totale d'oxygène correspond à 8,80 pour 100 de la matière première. Le produit obtenu possède alors une fixité remarquable. En prolongeant le chauffage, même pendant plusieurs heures, il ne subit plus de changement de poids. Il se présente sous l'aspect d'un mélange de particules brillantes et de grains oxydés.

Pour doser la quantité d'aluminium métallique restant dans le mélange partiellement oxydé, j'ai soumis celui-ci à l'attaque du gaz chlorhydrique pur et sec, en employant la méthode décrite antérieurement [1]. On constate que les particules métalliques existant dans la masse disparaissent peu à peu du mélange pour donner un chlorure d'aluminium anhydre qui se sublime dans l'appareil.

La matière non attaquée par le gaz chlorhydrique et restant dans la nacelle est constituée par un oxyde anhydre inerte vis-à-vis des acides, ayant les caractères de l'alumine sans en avoir la composition (pour 16 d'oxygène, métal = 23,95).

Le chlorure obtenu par attaque de la partie métallique n'a pas la composition du chlorure $AlCl^3$: tandis que celui-ci exige un *rapport* d'aluminium au chlore égal à 0,2548, on trouve, pour le chlorure provenant du métal inoxydé existant encore dans la poudre chauffée pendant 10 minutes à 600°, un rapport de métal au chlore qui est de 0,2630, soit de 4 pour 100 plus riche en métal que le chlorure $AlCl^3$. Ajoutons que des morceaux d'aluminium pur attaqués par la méthode au gaz chlorhydrique donnent un rapport $\frac{Al}{Cl}$ égal à 0,2560.

En résumé donc, à 600°, la poudre s'oxyde partiellement, sans fixation d'azote. L'oxydation atteint très rapidement sa limite (8,8 pour 100). L'oxyde formé, bien qu'inerte vis-à-vis des acides comme l'alumine ordinaire, n'a pas la composition de celle-ci, et la partie inoxydée du métal mis en expérience conduit à un chlorure dont la formule n'est plus celle du chlorure d'aluminium connu.

A 800° [2], les phénomènes observés sont différents; l'oxydation continue même après 6 heures de chauffage. La fixation d'azote est notable; cependant, lorsque le contact avec l'air est suffisant, il n'y a plus d'azote dans le produit ayant été chauffée pendant 4 heures environ.

A 1100°, les oxydations et l'azotation de la matière sont des plus intenses; au bout de 6 heures de chauffage, la poudre ne renferme plus d'aluminium

---

(1) *Comptes rendus*, 1909; *Bull. Soc. chim.*, 1909.

(2) C'est à 800° que, lors d'un chauffage brusque d'une poudre non encore chauffée préalablement, on isole les globules métalliques dont j'ai révélé antérieurement l'existence et fait l'étude depuis.

métallique et son poids reste sensiblement constant lorsqu'on continue à chauffer à la même température de 1100°.

Le Tableau suivant résume les résultats obtenus :

	Poudre à 600°.		Poudre à 800°.		Poudre à 1100°.	
Durée du chauffage.	Augmentation pour 100 de matière première.	Azote.	Augmentation pour 100 de matière première.	Azote.	Augmentation pour 100 de matière première.	Azote.
10 minutes....	6	Néant	7	0,33	34,5	22,50
1 heure.....	8	»	15	»	41,0	»
2 heures.....	8,80	»	27,2	Traces	50,0	12,90
3 »	8,80	»	29,5	»	52,5	»
4 »	8,80	»	32,0	»	57,5	»
5 »	8,80	»		»	62,5	»
6 »	8,80	»		»	65,5	10,00

La lecture de ce Tableau montre qu'au-dessus de 800° il y a fixation simultanée d'oxygène et d'azote, et en même temps déplacement de l'azote par action prolongée de l'oxygène de l'air (à la pression atmosphérique). Afin de vérifier directement ce point important, j'ai préparé de la poudre d'aluminium saturée d'azote pour la soumettre à l'action de l'air. La poudre d'aluminium possède pour l'azote une très grande affinité, alors que celle-ci est presque nulle dans les mêmes conditions pour l'aluminium en morceaux. Voici les résultats observés par chauffage direct pendant 10 minutes de la poudre dans une atmosphère d'azote exempt d'oxygène et sec.

Température.	Azote.	Observations.
540°	Traces	Poudre noire, globules métalliques.
710	Traces	» » »
750	2 pour 100	» » plus abondants et plus grands.
800	5 pour 100	» » »
875	8,45	» » petits et ternes.
890	10,86	» » »
925	12,21	» les globules ont disparu.

En prenant les précautions nécessaires pour éviter l'action de l'humidité sur la poudre, j'ai préparé par chauffage direct dans l'azote vers 900° une poudre *saturée d'azote* ne renfermant que de faibles proportions d'oxyde. Cet azoture est gris foncé; il est stable dans l'azote, même vers 1100°. J'en indiquerai ultérieurement les propriétés.

Cet azoture n'a pas la composition de l'azoture actuellement connu

AlAz dont le rapport aluminium à azote est de 1,92. Le rapport est, pour l'azoture nouveau obtenu, de 2,14.

Cet azoture inférieur qui, à mon avis, n'est pas un corps défini, lorsqu'on le chauffe à l'air, se transforme en oxyde. Le déplacement d'azote commence à 800°; il augmente avec la température. A 1100°, le déplacement est proportionnel à la durée du chauffage.

Durée du chauffage.	Azote déplacé.
10 minutes	16,5
1 heure	58,8
2 heures	100,0

Le produit obtenu, après départ complet de l'azote, renferme moins d'oxygène que ne l'exige la formule de l'alumine Al^2O^3. C'est un produit blanc, inerte, ayant l'aspect de l'alumine calcinée ([1]).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la cémentation des aciers au silicium.* Note de M. L. **Grenet**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le silicium, comme on le sait, favorise dans les fontes la séparation du carbone à l'état de graphite et s'oppose à la cémentation des aciers. Nous avons cru intéressant de reprendre l'étude de la cémentation des aciers au silicium en variant la nature des céments employés. Nous avons procédé par comparaison entre un acier au silicium à 3 pour 100 de ce corps et un acier doux de cémentation ordinaire. Les compositions de ces aciers étaient les suivantes :

	Carbone.	Silicium.	Manganèse.	Phosphore.	Soufre.
Acier de cémentation.	0,09	0,11	0,27	0,015	Traces
Acier au silicium.....	0,05	3,20	0,19	0,030	0,020

La cémentation a été effectuée entre 950° et 1000° dans les trois céments suivants :

A. *Charbon de bois de chêne préalablement calciné.* — Durée de cémentation, 12 heures. Les échantillons étaient placés dans un tube d'acier fermé aux deux extrémités par des tampons d'argile.

B. *Charbon de bois de chêne non calciné.* — Mêmes conditions que pour l'expérience précédente.

([1]) Il eût été trop long d'indiquer dans cette Note les détails des analyses. On les trouvera dans le Mémoire en préparation.

C. *Prussiate jaune de potasse.* — L'échantillon était placé dans une capsule de porcelaine enfermée elle-même dans une boîte en acier lutée. Durée de l'opération, 6 heures. Toutes les 2 heures on remettait de nouvelles quantités de prussiate.

Voici les résultats du dosage de carbone sur une couche superficielle de $0^{mm},5$ d'épaisseur enlevée après cémentation :

	A.	B.	C.
Acier de cémentation	0,85	1,00	1,43
Acier au silicium	0,09	0,17	1,05

Les aciers au silicium ne se cémentent donc pas en présence de céments suffisants pour l'acier sans silicium, mais ils se cémentent bien au contraire dans le prussiate jaune qui se décompose à la température des expériences en donnant du cyanure de potassium.

Ce fait donne la justification d'une pratique en usage dans certains ateliers, qui consiste à cémenter la fonte grise avec des produits dégageant des cyanures. C'est d'ailleurs la connaissance de ce traitement qui nous a engagé à faire les expériences rapportées ici.

Les deux échantillons cémentés, refroidis lentement dans leur cément et soumis à un examen métallographique, n'ont pas présenté trace de graphite. L'acier à 1,05 de carbone et 3,20 pour 100 de silicium ainsi obtenu par cémentation est assez stable pour pouvoir être chauffé à 800° pendant un quart d'heure hors de son cément sans apparition de graphite. Trempé à cette température, il devient dur et raye le verre, comme les aciers sans silicium de même teneur en carbone.

En résumé, nous avons cru intéressant de montrer que des aciers ne se cémentant pas pratiquement dans le charbon de bois, se cémentent au contraire très bien dans les produits cyanurés. Cela conduit à supposer que les éléments gazeux interviennent dans l'équilibre de solutions solides carburées.

CHIMIE. — *De l'action réductrice des formiates alcalins sur certains composés minéraux.* Note de M. **Vournasos**, présentée par M. H. Le Chatelier. (Extrait.)

En poursuivant mes recherches sur l'action réductrice des formiates alcalins, j'ai obtenu avec l'azoture de bore, du bore amorphe et le dégagement d'un mélange d'hydrogène, de gaz ammoniac et de borure d'hydrogène.

La proportion de ce dernier peut s'élever à 1,5 pour 100. Le mélange brûle avec une flamme verdâtre; il colore en noir les bandes de papier imprégnées de nitrate d'argent ou de sulfate de cuivre. Les borates et métaborates ne sont pas réduits.

Les tentatives faites pour obtenir des composés hydrogénés du bismuth et du zinc ont échoué.

La plupart des composés métalliques sont réduits en donnant le métal pur. Parmi les plus intéressantes de ces réductions on peut signaler celles des tungstates, molybdates, vanadates et uranates alcalins, et celles des chlorures des mêmes métaux.

Ce mode de réduction appliqué aux composés du mercure donne un procédé très sensible pour la recherche toxicologique de ce métal. On chauffe la matière avec du formiate de sodium pur. Le gaz hydrogène chargé de vapeurs de mercure est enflammé à la sortie d'un tube de dégagement étroit et sa flamme est écrasée contre une plaque de porcelaine dépolie. On obtient une tache noire présentant tous les caractères du mercure.

Dans le cas où l'on fait ces expériences de réduction avec des azotates métalliques, on peut avoir des explosions violentes.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Phénomènes de transport électrique dans les solutions de certaines matières colorantes.* Note de M. **Léo Vignon**, présentée par M. A. Haller.

On sait que le transport électrique est le déplacement de certains colloïdes en fausses solutions dans un liquide, sous l'influence d'un champ créé par deux électrodes plongeant dans ce liquide.

J'ai constaté les faits suivants, en étudiant ce phénomène dans des solutions aqueuses de matières colorantes artificielles de constitution chimique connue.

Appareil :

J'ai employé des tubes de verre en U, de hauteurs variables, mesurant 16^{mm} de diamètre intérieur, contenant les solutions colorées. Dans la solution plongeait, dans chaque branche du tube, une électrode constituée par un fil de platine de 3^{mm} de diamètre, immergée de 1^{cm} dans la solution colorée; un petit index de benzine de 1^{cm} de hauteur, recouvrant le liquide coloré, permettait de suivre dans chaque branche les dégagements gazeux provenant de la surface de la solution.

Un courant continu, de ville, était relié aux deux électrodes; des résistances permettaient de faire varier le voltage. Le dissolvant étant de l'eau distillée, et les solutions

très étendues, le courant passant dans le liquide était extrêmement faible; son intensité, mesurée par l'ampèremètre, a toujours été maintenue inférieure à 1 milliampère, en réglant la distance des électrodes par la longueur de la colonne liquide interposée.

Dans ces conditions, l'électrolyse a été réduite à une très faible valeur.

Un appareil semblable permet, après 1 heure d'action, d'obtenir des phénomènes de transport avec le noir de fumée, l'alumine et la silice gélatineuses, en suspension dans l'eau distillée.

MATIÈRES COLORANTES EXPÉRIMENTÉES :

Nitrées : acide picrique, jaune naphtol, jaune naphtol S.

Monoazoïques : orangé II.

Disazoïques : rouge congo, noir diamine BH, bleu diamine 3R.

Trisazoïques : rouge de Saint-Denis, vert diamine.

Dérivés du triphénylméthane : vert malachite, fuchsine, violet cristallisé, fuchsine S, bleu de diphénylamine, vert au méthyle, bleus alcalins 6 et 3B.

Pyroniques : rhodamine, éosine.

Thiaziniques : bleu méthylène.

Safraniques : safranine G.

Expériences. — Les expériences de transport ont été faites sur des solutions contenant :

1^g, $0^g,1$ et $0^g,01$ de matière colorante dans 1000^{cm^3} d'eau distillée froide : *a*, sous 17 volts, avec une distance entre les électrodes de $7^{cm},71$; *b*, sous 100 volts, avec une distance entre les électrodes de $33^{cm},16$.

L'intensité du courant, agissant pendant 1 heure pour chaque détermination, a toujours été maintenue inférieure à 1 milliampère.

Résultats. — On constate que les matières colorantes en solutions colloïdales (voir *Comptes rendus* du 7 mars 1910) accusent avec intensité le phénomène du transport.

Le rouge congo, le noir diamine BH, le bleu diamine 3R, le rouge de Saint-Denis, le vert diamine, le bleu de diphénylamine, les bleus alcalins 3B et 6B, présentent de fortes augmentations de coloration au pôle positif, et des diminutions notables et parfois totales de coloration au pôle négatif. Souvent, au pôle positif, la liqueur est tout à fait opaque et noirâtre, comme si elle renfermait un abondant précipité, en même temps qu'il y a décoloration au pôle négatif.

En supprimant le courant, la liqueur redevient d'elle-même homogène au bout d'un certain temps, et semblable à son état primitif. Si l'on agite le liquide, l'homogénéité est rendue immédiate; en filtrant la liqueur sur du papier à filtrer ordinaire, on ne recueille sur le filtre aucun précipité, même

quand on opère immédiatement après la suppression du courant : la liqueur filtrée est identique à la solution initiale.

Les matières colorantes *solubles*, diffusant bien, présentent des phénomènes qui diffèrent par des caractères très nets des précédents.

On n'observe jamais de formations opaques à l'un des pôles, ressemblant à des précipités abondants, pouvant occuper la moitié du volume total du liquide; il se produit, d'ordinaire, des différences de coloration aux deux pôles, parfois des formations de très faibles précipités incolores, qui semblent dus à l'électrolyse (leucodérivés); quelques matières colorantes, n'ayant pas subi d'ionisation, la rhodamine, la safranine, ne présentent aucune particularité.

En résumé, on obtient des phénomènes de transport très nets avec toutes les matières colorantes en solution colloïdale, c'est-à-dire en granules non dissous : ces granules possèdent donc des charges électriques appréciables.

Je rappelle que j'ai déterminé les matières colorantes qui forment des solutions colloïdales par l'étude de leur diffusion (*Comptes rendus*, 7 mars 1910) : les deux phénomènes sont concordants.

Dans les matières colorantes en solution vraie, on ne détermine aucun changement, ou des changements de coloration sans altération de la limpidité, provenant du déplacement d'ions dissous.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le camphre artificiel.* Note de M. E. **Darmois**, présentée par M. A. Haller.

Le camphre naturel possède l'activité optique; son pouvoir rotatoire spécifique est variable avec la dilution dans la plupart des solvants; j'ai trouvé qu'il était très approximativement constant dans l'éther et dans l'hexane [1]. Tout ce qui va suivre se rapporte à des dissolutions faites dans ces deux liquides. Dans ces conditions, le pouvoir rotatoire est $[\alpha]_J = +57°$ pour la radiation jaune du mercure $\lambda = 578$ [2], le rapport des rotations pour les deux raies bleue (436) et jaune (578) est 2,77. Ce rapport mesure la dispersion rotatoire du corps [3].

---

(1) Les mesures ont porté sur des concentrations variant de 2 à 40.

(2) Le pouvoir rotatoire désigné par $[\alpha]_J$ se rapporte dans ce qui suit à la raie jaune du mercure $\lambda = 578$ et non à la teinte sensible.

(3) Cette dispersion est très considérable; le rapport pour le quartz est 1,83.

Le camphre artificiel fourni par l'industrie est au contraire peu actif. Trois échantillons que j'ai eus entre les mains avaient comme pouvoir rotatoire $-2°$, $-7°$, $+5°$, les deux derniers provenant respectivement des essences de térébenthine française et américaine.

La faible activité du camphre provenant de l'essence française est surprenante; on sait que les dérivés préparés avec cette essence (chlorhydrate, camphène, etc.) sont très actifs. Il m'a semblé que, par une série d'opérations faites à température aussi peu élevée que possible, on pourrait préparer un camphre à pouvoir rotatoire plus grand. J'ai obtenu un produit dont l'activité est comparable à celle du camphre naturel, bien qu'un peu plus faible.

L'essence, rectifiée pour éliminer les carbures passant au-dessus de 165°, est transformée en bromhydrate de pinène $C^{10}H^{17}Br$, celui-ci en bornéol $C^{10}H^{17}(OH)$ par l'intermédiaire du dérivé magnésien [1]; il se forme en même temps du dibornyle $(C^{10}H^{17})^2$. Ce dernier corps étant peu volatil (Éb.: 325°), on sépare le bornéol par entraînement à la vapeur d'eau. On le fait recristalliser dans l'éther de pétrole et l'on recueille de temps en temps le bornéol déposé.

Le bornéol ainsi obtenu n'est pas un corps homogène, le pouvoir rotatoire des diverses fractions est variable (solutions dans l'éther).

J'ai opéré d'abord avec l'essence de pin d'Alep qui renferme le pinène α droit $[\alpha]_J = +50°,5$.

Exemple. — Dans une opération donnant 100g de bornéol, on recueille 80g puis 20g à l'entraînement.

	Déposé par cristallisation.		
	1.	2.	3.
Premier bornéol entraîné $[\alpha]_J$	$+4°,4$	$+2°,5$	$-2°,5$
Deuxième bornéol entraîné $[\alpha]_J$....	$+10°,3$	$+5°,7$	»

Le bromhydrate avait été cristallisé dans l'alcool; le bromhydrate cristallisé une fois (Fus.: 87°) m'a donné les mêmes résultats que le bromhydrate cristallisé six fois (Fus. : 94°).

Le bornéol ainsi préparé n'est donc pas un corps homogène, il se comporte comme un mélange d'un corps droit avec un corps gauche plus soluble et plus volatil. Ces propriétés sont précisément celles d'un mélange de bornéol droit et d'isobornéol gauche. Une vérification simple était

---

(1) La préparation du bornéol par le chlorhydrate de pinène et le magnésium a été indiquée par Houben et étudiée par A. Hesse (*Ber. der deutschen chemischen Ges.*, t. XXXIX, 1, p. 1127).

indiquée; on sait que l'oxydation d'un tel mélange doit donner du camphre droit.

L'oxydation a été faite à froid par l'acide chromique ou par l'acide azotique. *L'un quelconque de ces bornéols donne un camphre très actif*, $[\alpha]_J = +49°$ environ, la dispersion rotatoire étant celle du camphre naturel; il est donc constitué par du camphre droit mélangé à une petite quantité de camphre gauche (7 pour 100). Malgré cette faible différence, la conclusion précédente subsiste. *Le bornéol synthétique obtenu à partir du pinène droit est un mélange de bornéol droit et d'isobornéol gauche, dont l'un au moins est mélangé à une faible quantité de son inverse optique.*

Dans le but d'obtenir le camphre gauche, j'ai recommencé les mêmes opérations sur l'essence française. Dans des communications précédentes [1], j'ai montré que cette essence renferme dans la fraction utilisée les deux pinènes α et β, j'ai indiqué comment on pouvait calculer la rotation du pinène α présent dans une essence; le calcul donne dans ce cas $[\alpha]_J = -46°,5$; le pinène α présent dans l'essence française renfermerait 96 pour 100 de pinène gauche et 4 pour 100 de pinène droit. Les résultats sont analogues, au signe des rotations près; le camphre obtenu est un peu moins actif : $[\alpha]_J = -45°$ (10 pour 100 de camphre droit).

Les conclusions sont les mêmes. *Le bornéol obtenu avec l'essence française est un mélange de bornéol gauche et d'isobornéol droit, avec une faible quantité de leurs inverses.*

Ce résultat semble en contradiction avec celui obtenu par M. A. Hesse (*loc. cit.*) avec le *chlorhydrate* de l'essence française. D'après cet auteur, le bornéol obtenu ne contiendrait que des traces d'isobornéol, le faible pouvoir rotatoire du bornéol tenant à ce qu'il renferme du dibornyle. Ce dernier carbure est en effet de signe contraire à l'essence génératrice $[\alpha]_J = -42°$ et $[\alpha]_J = +35°$ avec les deux essences employées. Outre que ce corps n'est pour ainsi dire pas entraîné par la vapeur d'eau, l'explication n'est pas valable dans le cas que j'ai étudié; il faudrait admettre que le bornéol renferme 40 pour 100 de dibornyle. Je me propose d'ailleurs de reprendre la préparation du camphre par le chlorhydrate de pinène.

En résumé, *il est possible de préparer sous les deux formes droite et gauche du camphre synthétique fortement actif.* Chacun de ces camphres est mélangé à une faible quantité de son inverse. Il peut se faire qu'en variant un peu les conditions de préparation, en opérant par exemple à température plus basse, on obtienne un camphre identique au camphre naturel.

(1) *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 195; t. CXLIX, p. 730.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation de la pinacoline avec les éthers-sels.* Note de M. F. COUTURIER, présentée par M. A. Haller.

Les nombreux travaux auxquels a donné lieu la pinacoline ont établi que ce corps possède une formule dissymétrique et qu'elle présente la plupart des caractères des cétones $R - CO - CH^3$.

Le travail qui fait l'objet de cette Note apporte à cette manière de voir une nouvelle confirmation.

On sait que les cétones de cette forme peuvent se combiner aux éthers-sels en présence du sodium pour donner des produits de condensation tels que les dicétones. La pinacoline, en tant que présentant le groupement fonctionnel $- CO - CH^3$, devait présenter des réactions analogues.

En faisant réagir sur ce corps des éthers-sels, tels que l'éther acétique et l'éther oxalique, j'ai obtenu des produits de condensation dont les propriétés nettement caractérisées les rattachent aux séries des β-dicétones et des éthers pyruviques. Pour obtenir la condensation, j'ai utilisé la réaction, soit du sodium, soit de l'éthylate de sodium sec sur le mélange des deux corps réagissants dilués dans l'éther absolu.

1° *Acétylpinacoline, ou diméthyl-2.2-hexane-dione-*3.5,

$$(CH^3)^3C - CO - CH^2 - CO - CH^3$$

Cette β-dicétone résulte de l'action du sodium sur un mélange de pinacoline et d'éther acétique. Le sel de sodium formé est dissous dans l'eau glacée, acidulée par l'acide acétique et agité avec de l'acétate de cuivre neutre. On sépare ainsi un sel de cuivre $(C^8H^{13}O^2)^2Cu$, qui, après purification dans l'éther de pétrole, se présente sous la forme de longues aiguilles bleu foncé, fusibles à 175°. Ce sel, traité par SO^4H^2 à 20 pour 100, donne l'acétylpinacoline, liquide bouillant à 168° à la pression ordinaire sans décomposition; densité à zéro : 0,933. Cette dicétone donne avec le sodium et le cuivre des sels cristallisés. Avec le perchlorure de fer elle donne une coloration rouge intense.

Elle fournit avec l'hydroxylamine en solution alcoolique un isoxazol $C^8H^{13}OAz$ fusible à 107° et, avec la phénylhydrazine, une hydrazone $C^{14}H^{20}OAz^2$ cristallisée en aiguilles fusibles à 85°.

2° *Triméthylacétylpyruvate d'éthyle* $(CH^3)^3C - CO - CH^2 - CO - CO^2C^2H^5$.

La condensation avec l'éther oxalique se réalise mieux avec l'éthylate de sodium sec à —15°: avec une technique analogue à la précédente, on obtient un sel de cuivre $(C^{10}H^{15}O^4)^2Cu$, qui cristallise dans l'éther en gros cristaux prismatiques vert foncé, fondant à 162°.

L'action de l'acide sulfurique à 20 pour 100 sur ce sel met en liberté l'éther pyruvique; c'est un liquide incolore, parfaitement stable, qui bout à 124° sous 13^{mm}.

Avec l'hydroxylamine, il ne donne pas de dioxime, mais un isoxazol, cristallisé en aiguilles fusibles à 90°,

$$(CH^3)^3C - \underset{\underset{Az}{\|}}{C} - CH = \underset{\underset{O}{|}}{C} - CO^2C^2H^5.$$

(les atomes Az et O sont reliés entre eux par un trait)

Cet éther se dissout intégralement dans une solution diluée de carbonate de sodium, d'où l'on peut le régénérer par saturation avec un acide.

Il résulte des propriétés de cet éther qu'on doit lui attribuer une formule énolique

$$- CH = C(OH) - ;$$

les travaux de Claisen et Tuigle [1] sur le produit de condensation de l'oxyde de mésityle et de l'éther oxalique ont mis en évidence les deux formes tautomères, cétonique et énolique, la seconde seule donnant un sel de cuivre et pouvant se dissoudre dans le carbonate de sodium. Avec la pinacoline, la forme énolique paraît seule exister, et, quel que soit le mode de préparation employé, il n'a jamais été possible de mettre en évidence la forme cétonique.

La saponification de l'éther triméthylacétylpyruvique par une solution diluée de soude ou de carbonate de soude se fait aisément par agitation prolongée à froid, et il se forme l'*acide triméthylacétylpyruvique*

$$(CH^3)^3C - CO - CH = C(OH)CO^2H.$$

Cet acide se présente sous la forme de cristaux blancs fusibles à 60°, solubles dans l'éther et l'alcool, assez solubles dans l'eau bouillante, d'où il cristallise par refroidissement en longues aiguilles.

Les propriétés de cet acide conduisent à lui attribuer aussi une forme énolique, et le traitement à l'eau bouillante n'amène pas de transformation en forme cétonique, ainsi que cela se produit pour l'acide α-mésityloxydoxalique $C^4H^7 - CO - CH = C(OH) - CO^2H$; en effet, l'acide triméthylacétylpyruvique, éthérifié par l'alcool et l'acide sulfurique, reproduit l'éther pyruvique correspondant; son point d'ébullition (124° sous 13^{mm}) l'identifie avec l'éther obtenu précédemment. Les sels que forme cet acide montrent que l'hydrogène du groupement $- CH^2 -$ compris entre les deux fonctions cétoniques (ou du groupement $- CH =$ dans la forme énolique) et celui du groupement fonctionnel $- COOH$, interviennent dans leur formation avec une valeur égale, ainsi que cela résulte de l'analyse des sels de baryum et d'argent dans lesquels entrent 2^{at} de métal pour 1^{mol} de l'acide.

L'action des alcalis ou des carbonates alcalins, à l'ébullition, décompose

---

(1) *Liebigs Ann. Ch.*, t. CCXCI, p. 111.

l'éther ou l'acide en question, en régénérant les deux composés primitifs, la pinacoline et l'acide oxalique.

Ces réactions de la pinacoline, en caractérisant sa formule cétonique, sont en concordance avec les faits que j'ai publiés antérieurement (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1695), et par lesquels j'ai montré la formation de triméthylacétylaldéhyde en mettant en jeu l'éther formique comme élément de condensation.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur les roches basiques de Saint-Quay-Portrieux (Côtes-du-Nord) et leurs rapports avec les filons de pegmatite qui les traversent.* Note de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. Pierre Termier.

Les falaises qui bordent le littoral aux environs de Saint-Quay, jusqu'à Portrieux du côté de Saint-Brieuc et jusqu'à Tréveneuc du côté de Paimpol, sont constituées par des roches cristallines massives, noires et grises, signalées par M. C. Barrois, sur les Cartes géologiques de la région, comme diorites et gabbros.

Elles confinent des deux côtés à des micaschistes, en bancs plus ou moins redressés, que certaines particularités permettent d'identifier et de rapporter à la même formation métamorphique superposée aux roches cristallines en question.

Au contact des micaschistes, on trouve les roches grises, jamais les roches noires; de sorte que le massif de ces roches cristallines apparaît comme formé d'un amas de roches noires bordé d'une zone de roches grises. Il existe un passage graduel des roches noires aux roches grises, mais la grosseur du grain des roches grises est à peu près constante (c'est celui d'une diorite), tandis que le grain des roches noires varie depuis un grain très fin jusqu'à celui des roches grises.

Les filons de pegmatites qui traversent ces roches sont des filons de pegmatites graphiques constituées par du microcline, de l'albite, du quartz, avec un peu de muscovite et beaucoup de tourmaline. On les trouve en abondance au voisinage des termes de passage des roches grises aux roches noires, c'est-à-dire près des bordures du massif. Elles manquent au centre même du massif.

Au contact des roches grises, on trouve en général des roches noires à grain fin; mais les mêmes roches apparaissent en outre sous forme d'enclave dans les roches grises et les roches noires à gros grain.

Les roches noires à grain fin ont la composition et la structure de la *beerbachite* des auteurs allemands.

On y voit un feldspath très basique atteignant parfois une teneur de 80 pour 100 d'anorthite, des grains d'hypersthène, de la magnétite et de l'augite; et en plus, çà et là, quelques cristaux de biotite avec un peu de quartz.

La roche noire à gros grain contient les mêmes éléments plus largement cristallisés, mais elle contient un peu plus de quartz. Le feldspath est un peu moins basique: c'est un labrador dont la composition oscille autour de celle du labrador à 60 pour 100 d'anorthite. Il n'est pas rare de trouver, dans des parties très fraîches de cette roche, l'augite partiellement transformée en amphibole hornblende.

Cette transformation est complète dans les roches grises, elles-mêmes très fraîches. Il ne reste parfois qu'un centre d'augite non transformée. Ces roches grises ne contiennent plus du tout d'hypersthène, mais par contre contiennent beaucoup de biotite et de quartz. Leur feldspath est un labrador voisin du labrador à 50 pour 100 d'anorthite.

Cette bordure de roches grises qu'on peut considérer comme des diorites est due à l'action des éléments des pegmatites sur le magma en voie de cristallisation qui devait donner la roche noire, beerbachite ou gabbro à hypersthène.

On peut s'en rendre compte en étudiant les modifications des roches noires au voisinage d'un filon de pegmatite.

La roche se charge de quartz, l'augite se transforme en hornblende et l'hypersthène disparaît, remplacée par la biotite, en même temps que le feldspath, très basique dans les petits individus qui ont cristallisé les premiers, devient un peu plus acide dans les gros individus de cristallisation plus récente.

Mais ces transformations, qu'on trouve réunies dans la roche grise qui constitue la diorite, et qui manifestent l'action, sur un magma basique en voie de cristallisation, de tous les éléments qui ont contribué à la formation des pegmatites, peuvent être indépendantes. En d'autres termes, on peut ne constater, sur le gabbro, que l'action d'un seul des éléments de la pegmatite.

L'action des éléments du feldspath potassique sur les grains d'hypersthène est des plus caractéristiques. La biotite prend la place du cristal d'hypersthène en conservant sa forme, et la silice en excès s'individualise sous forme de quartz; alors que, là où manque de l'hypersthène, du microcline est venu cristalliser en moulant ophitiquement les cristaux de plagioclases.

L'étude des pegmatites nous apprend que le feldspath potassique s'y est

individualisé après l'albite. Comme, d'une part, c'est en bordure qu'on trouve les diorites à feldspath le plus sodique, et que, d'autre part, on trouve également dans ces diorites des roches noires à grain fin sous forme d'enclaves, il faut admettre que, çà et là, avant tout mélange avec les éléments qui devaient constituer les pegmatites, un gabbro à hypersthène cristallisait, et que sa cristallisation a été modifiée par l'arrivée successive des éléments sodiques et potassiques des pegmatites : les premiers ayant agi principalement à la partie supérieure du magma, là où la cristallisation n'avait pas encore commencé; les seconds, sur le magma tout entier, même dans les portions déjà partiellement consolidées, qui, maintenant, jouent le rôle d'enclaves dans la roche définitivement solide.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Stérilisation de grandes quantités d'eau par les rayons ultraviolets.* Note de MM. **Victor Henri**, **André Helbronner** et **Max de Recklinghausen**, présentée par M. A. Dastre.

En nous basant sur les résultats obtenus par l'un de nous avec Mlle Cernovodeanu [1], relatifs à l'action bactéricide des rayons ultraviolets à différentes distances de la lampe et sous différentes épaisseurs de liquide, nous avons construit au Laboratoire de Physiologie de la Sorbonne un appareil d'expérimentation à grand débit pouvant donner jusqu'à 125^{m^3} à l'heure, ce qui correspond à une alimentation en eau d'une ville de 20000 habitants environ.

Les dimensions de cet appareil ont été calculées d'après les données expérimentales suivantes :

Les rayons émis par une lampe à mercure en quartz du modèle Westinghouse Cooper Hewitt marchant sur 220 volts et 3 ampères stérilisent complètement une émulsion de B. coli typhique, dysentérique, charbonneux, vibrion cholérique, staphylocoque doré, pneumobacille de Friedländer :

A la distance de	60^{cm}	en	30 secondes
»	40	»	15 »
»	20	»	4 »
»	10	»	<1 seconde

Il y a donc intérêt de placer la lampe le plus près possible de la surface

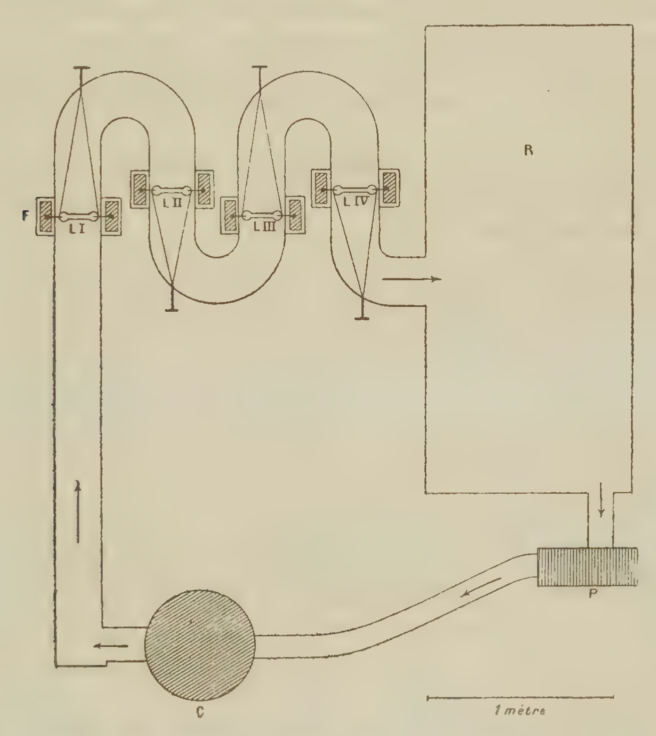
---

[1] Mlle Cernovodeanu et Victor Henri, *Étude de l'action des rayons ultraviolets sur les microbes* (*Comptes rendus*, 3 janvier 1910).

d'eau et de faire couler l'eau avec une vitesse suffisamment lente pour que les microbes puissent être tués par les rayons.

Dans le cas de l'emploi de plusieurs lampes, il faut disposer l'appareil de façon que la partie d'eau qui se trouve à la surface sous la première lampe passe au fond de l'appareil sous la seconde lampe et inversement, c'est-à-dire qu'il y ait un retournement de l'eau entre les lampes.

Le calcul des conditions optima nous a amenés à construire un premier appareil (type W.C.H., B.V.) formé d'un canal en zig-zag dans lequel l'eau coule sous l'épaisseur de 30^{cm} et la largeur de 25^{cm}; par conséquent, pour un débit de 100^{m^3} à l'heure, la vitesse d'écoulement de l'eau est de 28^{cm} par seconde; avec un débit de 36^{m^3} à l'heure, la vitesse de l'eau est de 10^{cm} par seconde.



Étant donné que l'eau qui arrive sous une lampe commence à subir l'action intense des rayons déjà 40^{cm} en amont de la lampe et continue à subir cette action encore jusqu'à 40^{cm} en aval de la lampe, la zone active de chaque lampe est égale à 80^{cm}; par conséquent, avec le débit de 36^{m^3}, l'eau est soumise à l'action des rayons pendant 8 secondes sous chaque lampe. Avec deux lampes on a une durée d'exposition de 16 secondes. Si nous nous reportons aux durées indiquées plus haut, nous en concluons que l'on doit s'attendre à obtenir une stérilisation de l'eau au débit de 36^{m^3} avec deux

lampes. Cette conclusion que nous avons tirée au mois de décembre supposait que la stérilisation de l'eau en mouvement se faisait de la même façon que pour l'eau immobile.

L'appareil d'essai se compose d'un réservoir R de 3^{m^3}, d'une pompe centrifuge P, d'un compteur à eau C et du stérilisateur formé d'un canal recourbé en zig-zag, ayant 25^{cm} de largeur et 50^{cm} de profondeur. Quatre lampes à mercure en quartz, fabriquées à Paris par la Société Westinghouse Cooper Hewitt, sont placées en L I, L II, L III et L IV. Ces lampes sont suspendues sur des flotteurs F qui les maintiennent à une distance constante du niveau de l'eau; cette distance est égale à 2^{cm}. Des réflecteurs spéciaux sont placés au-dessus de chaque lampe. L'eau est mise en mouvement par la pompe dans le sens indiqué par les flèches.

Pour faire les expériences on fait marcher la pompe, on allume les lampes et l'on verse dans le réservoir une grande quantité (5^l à 10^l) d'une émulsion très riche de coli. On prélève ensuite avec de longues pipettes au fond du canal des échantillons d'eau sur tout le parcours. On ensemence immédiatement des tubes de bouillon en mettant plusieurs centimètres cubes d'eau dans chaque tube de bouillon, et parallèlement on fait des plaques de Petri pour la numération des microbes.

Voici, à titre d'exemple, les résultats d'une expérience au débit de 36^{m^3} à l'heure :

Avant la lampe I......	5250 microbes par centimètre cube
Après la lampe I......	3650 » »
Après la lampe II.....	0 » »

Les tubes de bouillon ensemencés avec les échantillons d'eau pris après la deuxième lampe sont stériles.

Chaque lampe débite 660 watts par heure, donc dans cette expérience 36^{m^3} d'eau sont stérilisés avec 1320 wattheures, ce qui correspond *par mètre cube à* 36 *wattheures*. Nous pouvons affirmer dès maintenant que nous pourrons obtenir des nombres meilleurs; ce nombre 36 wattheures ne doit être considéré que comme une limite supérieure.

En résumé, *on peut réaliser la stérilisation, par les rayons ultraviolets, de grandes quantités d'eau avec une dépense maximum de* 36 *wattheures par mètre cube*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la préparation et sur quelques propriétés physico-chimiques de la gélatine déminéralisée.* Note de MM. **Ch. Dhéré** et **M. Gorgolewski**, présentée par M. A. Dastre.

On parvient à éliminer presque complètement les impuretés minérales que contiennent les gélatines du commerce en procédant, comme nous allons l'indiquer, soit par dialyse, soit par congélation.

1° *Purification par dialyse.* — Les feuilles de gélatine sont immergées dans de l'eau distillée qu'on change fréquemment. L'opération a lieu à basse température (de 0° à + 2°) et l'eau est additionnée d'éther : de la sorte, on évite, autant que possible, l'altération de la gélatine par hydrolyse chimique et microbienne. On suit les progrès de la purification en mesurant de temps en temps la conductivité de l'eau de dialyse. Pendant les derniers jours, la dialyse se fait dans des récipients en verre d'Iéna, en présence d'*eau de conductivité* ($k = 1,5 \times 10^{-6}$) non additionnée d'éther. On arrête la dialyse quand la gélatine ne cède plus d'électrolytes à l'eau après 48 heures de contact. Ce résultat est obtenu au bout de 1 mois et demi à 3 mois, suivant la qualité de la gélatine traitée.

2° *Purification par congélation.* — Si l'on soumet à la congélation (dans un mélange réfrigérant) une solution de gélatine à 0,5 pour 100, par exemple, on constate, au moment du dégel, que la gélatine est précipitée en flocons qui, notons-le en passant, offrent, à l'examen microscopique, une *structure filamenteuse* remarquable. Par filtration sur un cône en fine toile de platine ou de nickel, il est aisé de séparer les flocons de l'eau où ils se sont formés, et l'analyse des deux portions montre que les impuretés minérales se sont accumulées dans l'eau. En réitérant plusieurs fois l'opération, on obtient une gélatine assez bien déminéralisée.

De ces deux procédés le premier semble être le procédé de choix; il est le seul pratique si l'on veut préparer une quantité assez grande de gélatine pure; le second offre, par contre, l'avantage d'être beaucoup plus rapide.

Dans ce qui suit nous n'aurons en vue que le produit purifié par dialyse à limite; il est pratiquement *sans cendres* (1), si l'on est parti d'une bonne gélatine commerciale. Néanmoins, cette gélatine est encore souillée par des traces d'électrolytes qui peuvent lui être enlevées en la soumettant à l'action d'un champ électrique, ainsi que le montre l'expérience suivante :

De la gélatine (de Grübler, Leipzig) dialysée à limite fut introduite en solution tiède à 2g,25 pour 100, au fond d'un tube en U en verre d'Iéna. Après gélification de la liqueur par refroidissement, on remplit d'eau de conductivité chacune des deux branches du tube en U. Entre les couches d'eau supérieures des deux tubes, on établit, en se servant d'électrodes de platine, une différence de potentiel de 6 volts par centimètre, et l'on constata au bout de 30 minutes que l'eau décantée avait une conductivité très notablement augmentée, bien qu'elle ne contînt que des traces de gélatine en solution. En renouvelant l'eau et en faisant passer le courant à plusieurs reprises, on parvint à obtenir une gélatine encore mieux purifiée, comme le démontrèrent les mesures comparatives de conductivité (voir ci-après).

Indiquons maintenant, brièvement, les propriétés les plus intéressantes de la gélatine déminéralisée.

---

(1) La combustion de 2g à 3g ne laisse qu'un résidu impondérable.

1° *Conductivité spécifique.* — Les deux sortes de gélatines que nous avons utilisées pour ces recherches présentaient, dialysées à limite, une conductivité sensiblement identique :

Solution à $0^g,542$ [1] pour 100 (Grübler) .... $k = 5,6 \times 10^{-6}$
Solution à $0^g,544$ pour 100 (Coignet) .... $k = 5,9 \times 10^{-6}$

La gélatine Grübler ayant subi la purification complémentaire par le courant électrique n'avait plus pour conductivité que $5,2 \times 10^{-6}$ en solution à $0^g,726$ pour 100. Cette petite différence de conductivité devient importante en considérant la différence de concentration.

2° *Charge électrique.* — La gélatine Grübler, acide au tournesol, se transporte à la cathode et est, par conséquent, électropositive. Parfaitement déminéralisée, elle devient nettement électronégative, bien que son acidité n'ait que fort peu diminué. Lorsqu'elle contient encore $0^g,05$ pour 100 de cendres, elle reste électropositive. Il doit donc y avoir un stade, au cours de la purification, où elle ne présente plus de charge.

3° *Opalescence.* — Les solutions ou les gelées de gélatine déminéralisée sont opalescentes entre certaines limites de concentration. Au voisinage de 2 pour 100, l'opalescence est très forte ; elle devient presque insensible au voisinage de 8 pour 100 et disparaît à 10 pour 100. Cette opalescence diminue ou disparaît par addition de traces d'alcali ; elle est moins influencée par les acides, moins encore par la plupart des sels, sauf s'ils sont hydrolysés. Cette opalescence ne peut être étudiée dans les vases faits en verre ordinaire qui cède facilement de l'alcali. La température modifie aussi le degré de l'opalescence. Les observations sont surtout nettes à une température peu élevée (de 0° à + 15°). Signalons, de plus, qu'à cette température les solutions contenant moins de 1 pour 100 de gélatine déminéralisée sont le siège d'un processus de coagulation amenant à la longue la séparation de flocons opalescents en suspension dans un liquide parfaitement limpide. Ce processus est favorisé par l'abaissement de la température et accéléré par une agitation modérée de la liqueur.

4° *Gélification.* — Contrairement à la supposition de Nasse (1889), la gélatine parfaitement déminéralisée se gélifie, mais moins bien qu'en présence d'électrolytes. L'addition de traces d'alcalis, d'acides, de sels divers (même de ceux qui, comme KI, diminuent le pouvoir gélifiant de la gélatine ordinaire) ou de cendres de gélatine favorise la gélification.

---

[1] Poids de la gélatine supposée *anhydre*.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Du rôle double du calcium dans la coagulation du sang et de la lymphe.* Note de MM. **H. Stassano** et **A. Daumas**, présentée par M. A. Dastre.

En cherchant à approfondir le mode d'action des sels solubles de chaux dans la coagulation, il nous a été donné de constater que le calcium intervient à deux moments successifs de ce phénomène et il révèle son maximum d'activité à deux concentrations bien différentes, que nous avons pu préciser.

C'est par l'étude attentive du plasma salé que nous sommes parvenus à ce résultat. Ce plasma offre, sur tous les autres plasmas sanguins considérés comme incoagulables, ce double avantage : 1° d'être réellement incoagulable pour une durée illimitée de temps; 2° et de conserver intégralement les différents facteurs de la coagulation, à savoir : 1° le *fibrinogène* (il coagule, en effet, par addition de sérum sanguin frais) ; 2° *les deux générateurs albuminoïdes du fibrin-ferment* (aussi il coagule par simple dilution dans de l'eau distillée et il fait coaguler la sérosité péritonéale de cheval, incoagulable spontanément).

L'incoagubilité de ce plasma tient uniquement à sa forte teneur en chlorure de sodium. Celle-ci, en diminuant le degré de dissociation des sels calciques solubles, rend ces derniers inaptes à exercer la fonction qui leur appartient dans la coagulation. On sait que la présence des sels solubles de chaux, dans un certain état de dissociation, est nécessaire à la production du caillot.

Il suffit de ramener sa concentration en chlorure de sodium de 5 à 1,25 pour 100 (en étendant un volume de ce plasma salé en trois volumes d'eau distillée) pour le faire coaguler.

Si nous dialysons ce plasma dans l'eau salée de même concentration (5 pour 100 de $NaCl$), fréquemment renouvelée de façon à lui soustraire aussi rapidement et complètement que possible les sels solubles de calcium et généralement tous les sels métalliques, à l'exception du chlorure de sodium, nous arriverons, au bout d'un certain temps (20 jours environ), à ce que ce plasma ne coagule plus par simple dilution. Il faut, pour que la coagulation ait lieu, y ajouter, après dilution, un sel de chaux dans des conditions et des proportions convenables. Il faut que ce sel soit soluble et dissocié en ions (Sabbatani) et que sa quantité ne dépasse pas certaines limites, au-dessous et au-dessus desquelles la coagulation ne se produit pas

ou ne se produit qu'avec un retard considérable, de plus en plus grand au fur et à mesure que la proportion du sel de chaux s'éloigne de l'une ou de l'autre limite.

C'est précisément en étudiant la manière de se comporter de ce plasma, au cours de la dialyse et lorsqu'il a été dialysé à fond, à l'égard des sels de calcium et d'autres métaux alcalino-terreux, que nous avons pu mettre en lumière ce double rôle du calcium dans la coagulation.

I. *Rôle du calcium dans la formation du fibrin-ferment :*

L'addition, de très faibles quantités de $CaCl^2$, à du plasma salé dialysé à fond, et dilué à trois volumes, n'est suivie d'aucune manifestation extérieure : le plasma garde sa limpidité et toute sa fluidité. Mais il suffit d'y ajouter, *quelques heures après*, une dose beaucoup plus considérable de chlorure de calcium et même de chlorure de strontium ou de baryum, pour le faire coaguler avec une avance considérable sur les échantillons témoins de ce même plasma. Ces échantillons témoins sont établis de la manière suivante : l'addition de la trace de calcium et de la dose saline forte est faite *en même temps et aussitôt* que le plasma salé vient d'être dilué; cette dernière circonstance mérite d'être retenue. Car l'expérience montre que l'addition de la dose forte de sel fait coaguler beaucoup plus rapidement un échantillon de plasma (salé, dialysé à fond) dilué depuis plusieurs heures qu'un échantillon du même plasma venant d'être dilué. Moins ce plasma a été dialysé et plus accusé est l'écart entre les moments d'apparition de la coagulation dans les deux échantillons. C'est, évidemment, à ce qui reste de sels solubles de calcium, dans le plasma dialysé, qu'est dû l'écart en question.

La dose la plus favorable de chlorure de calcium pour ce travail intérieur correspond à environ $0^g,000021$ par centimètre cube de plasma. Au delà de $0^g,000013$ l'addition de $CaCl^2$ est inactive. Ce travail intérieur correspond à la formation du fibrin-ferment. Il se traduit dans le même plasma, sous l'influence de la dose forte, par une rapide formation du caillot de fibrine, résultant de l'action du fibrin-ferment formé sur le fibrinogène. Ce même travail peut se révéler, au dehors, autrement, en faisant agir sur de la sérosité péritonéale du cheval (incoagulable spontanément) comparativement deux échantillons d'un même plasma salé, dialysé à fond et dilué, dont l'un a reçu la trace optima de $CaCl^2$, quelques heures avant, et dont l'autre la reçoit seulement au moment de l'essai comparatif. Dans ces conditions, il arrive que le premier échantillon fait coaguler la sérosité en beaucoup moins de temps que le second échantillon : différence qui atteint et dépasse parfois 2 et 3 heures.

A cette même concentration moléculaire *optima* agissent le chlorure de strontium et le chlorure de baryum, mais bien plus lentement, le second particulièrement. Le rôle du calcium n'est donc pas absolument exclusif; mais il se comporte bien plus énergiquement.

II. *Dans l'action du fibrin-ferment formé sur le fibrinogène :*

Le sérum, fraîchement exprimé d'un caillot de sang, renferme du fibrin-ferment tout formé. La sérosité péritonéale du cheval, parfaitement incoagulable, peut être considérée comme une solution de fibrinogène. Si nous ajoutons quelques gouttes du

premier à ce second liquide, il coagulera au bout d'un certain temps (de quelques minutes à quelques heures, selon les proportions et la qualité du sérum ajouté). Or ce moment arrive de beaucoup plus précocement par l'addition de chlorure de calcium et de quelques autres chlorures, dans l'ordre suivant d'activité : strontium, baryum, potassium, magnésium. Quoique l'action de ces différents chlorures s'échelonne dans cet ordre et se révèle, de plus, indépendamment de leur valence, le maximum d'action pour chacun correspond à une concentration moléculaire qui est la même pour tous : soit à 8 gouttes (20^g par centimètre cube) d'une solution $\frac{n}{10}$ de chaque chlorure par 3^{cm^3} de plasma salé dilué.

Cette action du calcium et des autres métaux, *à dose relativement forte*, dans la formation de la fibrine, peut être mise en évidence de différentes façons [1].

Ainsi, par exemple, du plasma non dialysé qui coagulerait par dilution en 2 heures, coagulera en quelques minutes à peine, par l'addition de chlorure de calcium à la dose convenable.

Ce second rôle du calcium qui ne lui est, pas plus que le premier, entièrement exclusif, ressemble beaucoup à celui des sels neutres en général dans la coagulation de la silice à l'état colloïdal.

La ressemblance est encore plus grande avec la gélatinisation des acides et des alcalis-albumines, sous l'action favorisante des sels et, précisément, sous l'influence tout à fait prépondérante des sels solubles de calcium. La prise en caillot de la fibrine peut être considérée également comme un phénomène d'hydratation. La molécule de fibrinogène en s'hydratant, sous l'action des sels, et des sels de calcium notamment, grossirait au point de devenir visible à l'ultramicroscope et de retenir toute, ou presque, l'eau du milieu ambiant.

L'un de nous exposera ailleurs, en détail, les expériences qui nous ont amenés à ces conclusions, qui peuvent se résumer ainsi :

Le calcium intervient à deux moments différents du phénomène complexe de la coagulation du sang et de la lymphe :

I. Dans la formation du fibrin-ferment, en agissant sur ses deux générateurs albuminoïdes. Ce sont de très petites doses de calcium qui se montrent le plus actives dans cette phase.

II. Dans la formation de la fibrine : il intervient alors seulement à dose relativement forte.

Dans l'une et l'autre intervention, le calcium peut être substitué par d'autres métaux, particulièrement par le strontium et le baryum, mais il se révèle également, dans les deux interventions, doué d'une activité tout à fait prépondérante.

---

(1) Zoja, *Zeitsch. für Chemie und Industrie der Kolloide;* III. Band, 1908, Heft 6.

PATHOLOGIE. — *De l'influence du régime sur la production de l'athérome spontané.* Note de M. **Weinberg**, présentée par M. E. Roux.

Les recherches déjà anciennes de Gilbert et Lion ont montré qu'il est possible de reproduire chez le lapin des lésions aortiques de nature infectieuse. Plus récemment, Josué a obtenu chez cet animal par des injections d'adrénaline des lésions calcaires de l'aorte; celles-ci ressemblent par certains caractères à l'athérome, tel qu'il est observé chez l'homme.

Depuis la première Note de Josué, les travaux sur l'athérome expérimental se sont multipliés avec une grande rapidité. Il a été ainsi démontré que maintes substances sont capables de produire des lésions athéromateuses. Il faut toutefois remarquer que nombreux sont les auteurs qui appuient leurs conclusions sur un petit nombre d'expériences; or, ces résultats peuvent être attribués à des cas d'athérome spontané qui ont été signalés chez le lapin (Kaiserling, Kalamkaroff, Miles).

Personnellement, nous avons trouvé 37 cas d'athérome sur 562 lapins neufs destinés à l'alimentation. Nous avons également étudié 420 lapins ayant servi aux expériences de nos collègues de l'Institut Pasteur. Suivant les lots examinés, les lésions athéromateuses étaient trouvées dans 4 à 19 pour 100 des cas.

Le lapin, animal herbivore, est donc très souvent athéromateux. Cependant, quelques cliniciens trés éminents ont prétendu que c'est surtout le régime carné qui doit être considéré comme facteur étiologique de l'athérome.

Cette discordance de l'observation clinique avec l'expérience de laboratoire nous a incité à étudier l'athérome spontané dans la série animale dans le but de rechercher si vraiment le régime alimentaire joue un rôle dans la production des lésions athéromateuses.

Nos investigations ont porté sur les animaux suivants : lapin, cobaye, cheval, chat, chien, rat d'égout, urubu, chien de mer.

Lapin. — Les résultats sont déjà indiqués plus haut. Ajoutons seulement que nous avons constaté quatre fois la présence de placards calcaires dans l'aorte de petits lapins de 2 à 3 mois. Dans un cas, les lésions calcaires siégaient dans le foie, au niveau de l'artère hépatique d'un espace porte.

Cobaye. — Sur plus de 500 cobayes examinés, aucun ne présentait de lésions athéromateuses.

Cheval. — Ces recherches ont été faites en collaboration avec M. Vieillard. Nous

avons examiné 1511 chevaux tués à l'abattoir de Vaugirard. 115 fois, c'est-à-dire dans 7,6 pour 100 des cas, nous avons trouvé des lésions calcaires de l'aorte présentant presque toujours un aspect analogue à celui de l'athérome spontané du lapin. Il s'agissait d'une calcification de la tunique moyenne de l'aorte, sans lésions de l'endartère.

Chien. — Grâce à l'obligeance de M. Martel, nous avons pu obtenir l'autorisation d'examiner, dans un établissement d'équarrissage d'Aubervilliers, les cadavres de chiens tués à la fourrière. Nous avons pu ainsi autopsier en l'espace de plusieurs mois 1047 chiens. Sur ce nombre, 44 ont présenté des lésions aortiques. Ces dernières diffèrent complètement, comme siège et caractères macroscopiques, de l'athérome spontané du lapin. Les placards athéromateurs se trouvent presque toujours chez le chien à la hauteur des valvules sigmoïdes dont ils dépassent rarement (4 fois sur 44) le bord libre. Deux fois seulement, la lésion n'intéressait que la couche moyenne de l'aorte comme chez le lapin. Dans d'autres cas, il existait des lésions d'endartérite.

Chat. — Nous avons autopsié, dans le même établissement d'équarrissage, 344 gros chats. Leurs artères étaient indemnes de toute lésion.

Rat d'égout. — M. Marchoux s'étant procuré pour ses recherches un grand nombre de rats tués au ratodrome de Paris, nous avons été à même d'examiner le cœur et l'aorte de 926 de ces animaux, sans d'ailleurs rencontrer de trace de lésions artérielles.

Urubu (*Catharte aura*). — Nous avons demandé à notre regretté ami, le Dr Brimont, de Saint-Laurent-du-Maroni (Guyane française), de nous procurer un certain nombre d'aortes de cet oiseau de proie essentiellement carnivore (aussi le désigne-t-on dans le pays sous le nom de *charognard*, car il se nourrit presque exclusivement de cadavres). A ce titre, il rend de tels services à l'hygiène de la voie publique que, dans certaines contrées, la loi défend aux habitants de tuer ces oiseaux précieux sous peine d'une forte amende.

M. Brimont nous a envoyé 51 appareils cardio-vasculaires de cet oiseau. Tous ces organes sont intacts.

Chien de mer (*Scyllium canicula*). — Grâce à l'obligeance de M. Delage, nous avons pu nous procurer à la station biologique de Roscoff une trentaine de ces poissons carnassiers. L'étude de ces derniers présente pour nous un double intérêt : non seulement ils sont carnassiers, mais encore, se nourrissant exclusivement de poissons et de crustacés, ils absorbent une quantité considérable de sels calcaires.

Nous n'avons cependant pas trouvé chez eux de lésions calcaires ni au cœur, ni au bulbe artériel, ni aux arcs branchiaux.

Avant de tirer les conclusions de ces faits, nous devons remarquer que toutes nos recherches ont porté sur des animaux apparemment sains. Il fallait, en effet, établir si le régime alimentaire est capable de provoquer à lui seul des lésions athéromateuses.

Il résulte de l'analyse de nos observations que l'athérome spontané se rencontre surtout chez certains animaux herbivores. Au fur et à mesure que l'on se rapproche de la classe des carnivores stricts, les lésions athéromateuses deviennent de plus en plus rares.

L'état de putréfaction de la viande ingérée par l'urubu sain ne paraît pas produire l'athérome chez cet animal.

GÉOLOGIE. — *Les formations archéennes, l'ancienne couverture et les plissements des monts du Forez.* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. A. Lacroix.

Les formations archéennes n'affleurent actuellement que sur une surface restreinte dans les monts du Forez. Elles se montrent principalement à la base des deux versants de la chaîne, sous la forme de lambeaux discontinus, d'étendue variable, disloqués par le granite et la granulite. Elles bordent ainsi irrégulièrement : à l'Est, le bassin de Montbrison et à l'Ouest le synclinal de la Dore et le bassin d'Ambert.

I. *Série pétrographique.* — Les termes pétrographiques de la série archéenne ont été généralement très modifiés par les intrusions des roches éruptives. Néanmoins, on observe une suite assez complète de types de l'étage des gneiss comprenant; granite gneissique, gneiss granitique et granulitique, gneiss gris, gneiss micacés et leptynites.

En quelques points apparaissent des gneiss à cordiérite et à pyroxène, à amphibole, et à la partie supérieure de l'étage, des intercalations fréquentes d'amphibolites. (Environs de Valcivières et de Saint-Pierre-la-Bourlhonne.)

Il n'est possible de rapporter à l'étage des micaschistes que quelques lambeaux de la Renaudie et du Trévy.

II. *Ancienne couverture archéenne des monts du Forez.* — Le terrain archéen a été disloqué, pénétré et injecté par le granite et la granulite qui l'ont fortement métamorphisé. Les tranchées des nouvelles routes tracées à travers le Forez (Vertolaye, La Croix du Fossat, Augerolles, La Chamba, Olliergues, Le Brugeron, Valcivières, etc.), fournissent à cet égard des exemples suggestifs.

On observe très fréquemment des paquets, des blocs multiples de gneiss variés, orientés dans toutes les directions et cimentés par le granite et surtout la granulite, ils donnent lieu à de *véritables brèches granitico ou granulitico-gneissiques.*

En outre, les granites et les granulites de presque toute la chaîne du Forez offrent

presque partout, principalement sur les flancs de l'anticlinal, une quantité considérable d'*enclaves* de gneiss, de taille variable atteignant 1^{m^3} à 2^{m^3}. Ces enclaves sont surtout abondantes dans la vallée du Fossat, aux alentours du Brugeron, entre Saint-Martin-des-Olmes et Valcivières, à l'est de Chalmazel, etc. Il n'est pas douteux qu'elles représentent des *fragments* de l'ancienne couverture archéenne des monts du Forez, entraînés dans les magmas granitiques et granulitiques au moment de leur mise en place.

Les parties élevées de la chaîne ne renferment pas, en général, de semblables enclaves. Il faut en conclure que les granites et granulites ont cristallisé sous un *manteau archéen*, probablement *continu*, qui a été presque complètement enlevé par l'érosion dans les parties hautes.

En quelques points (Valcivières, Saint-Pierre-la-Bourlhonne) j'ai observé de petits îlots de *diorite* à grands cristaux de hornblende, enclavés dans la granulite.

Il est vraisemblable de penser que ces îlots résultent, comme dans le Beaujolais, le Charolais et le Puy-de-Dôme, de l'endomorphisme de calcaires paléozoïques qui auraient constitué une partie de l'ancienne couverture des monts du Forez, avant la mise en place du granite et de la granulite. Il y aurait lieu alors d'augmenter l'extension des mers paléozoïques dans le Massif central en rapprochant ces faits de ceux qui ont été signalés par MM. Aug. et Albert Michel-Lévy dans les régions précitées.

III. *Direction varisque des plissements des terrains archéens.* — Il n'existe qu'une seule bande de terrains archéens traversant en écharpe les monts du Forez, depuis les environs de Vollore-Ville, Aubusson, La Renaudie (Puy-de-Dôme) jusqu'à Jeansagnières et Chalmazel (Loire). Cette bande de 20^{km} de long, irrégulière comme contours, n'est interrompue que par le massif granulitique de la Chambonie. Elle est peu modifiée, contrairement à tous les autres affleurements archéens du Forez; aussi y relève-t-on une série gneissique complète présentant une direction d'affleurements NE sur le versant occidental et ENE sur le versant oriental avec des plongements NO et ONO.

On ne peut manquer d'être frappé par ces directions qui sont précisément celles de tous les plissements hercyniens de la région archéenne et paléozoïque du Beaujolais, du Charolais, du Morvan et celle aussi de la bande disloquée Cusset-Saint-Germain-Laval, limitant au Nord les monts du Forez, ainsi que l'a montré récemment M. Albert Michel-Lévy.

Il me paraît qu'on peut déduire de ces faits que les *plissements hercyniens avec direction varisque se poursuivent dans le Massif central jusque sur le versant occidental des monts du Forez.*

L'histoire archéenne et paléozoïque des monts du Forez se rattacherait

donc, au moins au point de vue tectonique, à celle de la région orientale du Massif central, puisque cette région faisait partie de l'*aire des plissements hercyniens* de direction générale varisque.

Les grands failles du Forez (faille limite occidentale, dislocation orientale) qui sont sensiblement perpendiculaires à ces plissements sont dues principalement à des fractures ou à des décrochements post-hercyniens jalonnés par des venues siliceuses. Ce sont ces failles qui se rouvrirent de nouveau, au Miocène, lors des grands mouvements du Massif central.

Les refoulements horizontaux qui exhaussèrent la région forézienne, durant l'Oligocène et le Miocène, eurent pour résultat de former une zone anticlinale NS qui constitua le relief actuel.

Les monts du Forez présentent donc, ainsi que MM. Michel Lévy et Termier l'ont constaté dans les régions voisines, les traces d'au moins *cinq grands efforts orogéniques :*

1° Mouvements conduisant à la mise en place des granites et granulites ;

2° Mouvements *hercyniens* (plissements varisques) ;

3° Mouvements *post-hercyniens* (failles NO, filons de quartz permotriasiques) ;

4° Mouvements *oligocènes* préparant les dépressions oligocènes ;

5° Mouvements *miocènes* continuant les mouvements précédents terminés par une activité éruptive sur les deux flancs de la chaîne.

GÉOLOGIE. — *Sur les granites écrasés (mylonites) des Grisons, du Vorarlberg et de l'Allgäu.* Note de M. **Wilfried von Seidlitz**, présentée par M. Pierre Termier.

Nous savons, par les admirables recherches de MM. Pierre Termier, Eug. Maury [1] et J. Deprat [2], que, dans le *pays de nappes* de la Corse orientale, les *granites écrasés* (*mylonites granitiques*) jouent le rôle d'un véritable terrain géologique ; et M. Pierre Termier [3] a récemment montré qu'il en est de même à l'île d'Elbe. Antérieurement à la découverte de ce rôle des mylonites corses et elbaines, MM. Pierre Termier et Georges

---

(1) P. Termier et E. Maury, *Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 1426. — E. Maury, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 1448.

(2) J. Deprat, *Comptes rendus*, t. CXLI, p. 151.

(3) P. Termier, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 1441.

Friedel nous avaient appris l'existence, près de Saint-Étienne, dans une chaîne anté-houillère, d'énormes lames charriées de mylonites toutes semblables.

Il y a des phénomènes d'écrasement aussi intenses et aussi évidents dans le *pays de nappes septentrional* de la chaîne alpine, je veux dire dans les Grisons et aux abords des Alpes orientales. Voici, à ce sujet, quelques observations, faites, l'été passé, sur les affleurements granitiques et gneissiques des Grisons, du Vorarlberg et de l'Allgäu, suivis par moi en partant de l'Engadine.

Ces affleurements correspondent à des *lames*, réduites parfois à quelques mètres, ou même quelques centimètres d'épaisseur, de granites, de gneiss, de porphyres, de diorites et de gabbros, *écrasés* et *déchiquetés*. Les roches décrites par moi [1] en 1906 sous le nom d'*Ueberschiebungsapophysen*, et qui ressemblent beaucoup au *granite du Julier* (Engadine), sont des mylonites granitiques à feldspaths verdis et à mica chloritisé.

Aux points déjà décrits par Théobald et M. Rothpletz, j'ai réussi à ajouter de nombreux témoins discontinus de ces mêmes roches, toujours compris dans *deux horizons tectoniques bien définis* : l'un à la base de la *série austroalpine* (granites du type *Julier*, micaschistes et gneiss laminés); l'autre plus profond, à la base de la *nappe des Klippes* (Préalpes médianes), caractérisé par des débris d'une roche granitique ressemblant parfois au *porphyre de Rofna* de l'Oberhalbstein et du Schams. Avec les mylonites, il y a des *brèches de friction* (fenêtre de Gargellen) où le granite se mêle au calcaire de la Sulzfluh (Jurassique supérieur). Ailleurs (Laret près de Klosters), on voit des *brèches cristallines*, faites d'une pâte verte, mylonitique, et de débris de gneiss, de micaschiste, et de granite presque intact.

En suivant les mylonites vers le Sud, on voit des lames granitiques (*porphyre de Rofna*), peu épaisses, s'intercaler entre les nappes. Les très intéressantes Notes de MM. O. Welter [2] et H. Meyer [3] nous ont appris que, dans les montagnes du Schams, chaque nappe renferme à sa base une lame de porphyre de Rofna. Là, on n'est plus bien loin du lieu d'enracinement des plis couchés. C'est dans l'Oberhalbstein et l'Engadine qu'on voit s'enraciner, en masses puissantes, le porphyre de Rofna et le granite de Julier, intacts, dont les lames mylonitiques qui affleurent au Parpauer Weishorn, dans les environ d'Arosa et dans le Rætikon, tirent leur origine.

Je rattache encore aux mylonites les diorites et les gabbros du Tilisuna-Schwarzhorn

---

(1) W. v. Seidlitz, *Geolog. Untersuchungen im östl. Rhætikon* (*Berichte Naturf. Ges. Freiburg i. B.*, t. XVI, 1906).

(2) O.-A. Welter, *Stratigraphie und Bau der Alpen zw. Hinterrhein und Safiental* (*Eclogæ geol. Helvet.*, t. X, 1909, n° 6).

(3) H. Meyer, *Geolog. Untersuchungen am Nordostrande des Surettamassives* (*Berichte Naturf. Ges. Freiburg i. B.*, t. XVII, 1909).

(Rætikon), associés à des granites écrasés et à une *brèche d'énormes débris* triasiques ou cristallins, brèche dont la pâte a l'aspect d'une serpentine.

Enfin, les témoins de roches cristallines, fréquents sur le bord septentrional des Alpes et signalés par Gümbel, et par MM. Rothpletz et Tornquist, sont des lambeaux de poussée (*Ueberschiebungsapophysen*) analogues aux précédents. Tels sont les granites du Bolgen, les gneiss mylonitisés du Retterschwangertal et du Kühberg (Oberstdorf), situés à la base de la série austroalpine; tel encore le granite (du type Julier) près du Feuerstädterkopf, qui appartient probablement à la base de la nappe des Klippes.

En résumé il y a *deux nappes* dont la base est formée partout, ou presque partout, d'une lame de roches cristallines écrasées : la nappe des Klippes et la nappe austroalpine. C'est un nouvel exemple, et très saisissant, de l'importance du rôle tectonique des mylonites.

On peut suivre ces lames de l'Engadine à l'Allgäu, sur plus de 100^{km}, en partant des roches enracinées et intactes au Sud, longeant les affleurements mylonitiques de plus en plus déchiquetés, et arrivant enfin à des *débris isolés* (blocs dits *exotiques*, ou blocs empâtés dans des brèches à débris variés d'autres assises). Plus on va vers le Nord et plus on observe, dans ces mylonites, des débris de granite, de micaschiste et parfois de serpentine. Au Sud, il y a aussi des roches schisteuses, qui sont les *Casannaschiefer* de Théobald; et je n'hésite pas, en ce qui concerne les Grisons, à rattacher ces roches schisteuses aux mêmes phénomènes. Quant aux *roches basiques*, plus on s'éloigne de l'axe des Alpes, et plus elles paraissent (par exemple dans le Liechtenstein) charriées avec le Trias de la nappe austroalpine. On n'a plus le droit, dès lors, dans ces régions de nappes qu'on peut nommer *régions de détente*, de présumer une *série spéciale* partout où il n'y a que des roches basiques.

Pour les lames granitiques, chacune paraît être le soubassement cristallin de la série correspondante, entraîné passivement par le charriage de cette série. C'est ce qu'Ed. Suess [1] a établi dès 1905; et l'on ne peut rien dire de plus pour le moment. Ce phénomène, *régional* et non plus local, est lié dans une certaine mesure à l'apparition des *blocs exotiques*, et vient donc à l'appui de l'opinion de M. H. Schardt. Sans doute, la présence des blocs exotiques n'implique pas *nécessairement et partout* l'existence de charriages et de roches écrasées. Mais on se souvient qu'Ed. Suess [2] a comparé ses

---

(1) Ed. Suess, *Das Inntal bei Nauders* (*Akad. d. Wissensch.*, Vienne, 1905, p. 6).

(2) Ed. Suess, *Sur la nature des charriages* (*Comptes rendus*, t. CXXXIX, p. 714).

arcs de charriage aux blocs de moraine de fond transportés par les glaciers. Beaucoup de *blocs exotiques* n'ont pas été apportés par des glaçons (suivant le mécanisme décrit par M. Arnold Heim), mais semblent plutôt appartenir à une *moraine de fond tectonique* (M. Limanowski), c'est-à-dire à une lame de charriage écrasée, laminée et fragmentée.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sédiments marins d'origine éolienne.* Note de M. J. THOULET.

L'analyse microminéralogique des poussières atmosphériques accumulées dans les parties les plus hautes des clochers d'églises conduit à des conclusions intéressant à la fois l'Océanographie et la Physique générale du Globe.

Les poussières ont été récoltées à Gérardmer et à Épinal, région de roches cristallines ; à Nancy, Montpellier et Cette, régions calcaires et à Horta, dans l'île de Payal, aux Açores, région de roches volcaniques. Elles offrent un remarquable caractère d'uniformité dans leur composition; toutes contiennent en effet une extrême diversité de minéraux parmi lesquels prédominent ceux spéciaux à la région géologique à laquelle appartient la localité examinée. C'est ainsi que si toutes renferment du calcaire et des minéraux cristallins, le premier est particulièrement abondant à Nancy, à Montpellier et à Cette; les seconds à Gérardmer et à Épinal, tandis que les minéraux volcaniques constituent la majeure partie des poussières de Horta.

Tous les échantillons possèdent des chondres, globules noirs opaques, fortement magnétiques ou blancs, plus ou moins jaunes ou bruns, formés par des minéraux météoritiques fondus (péridot, pyroxène, eustatite, etc.); leur présence à Horta, où ils ne sauraient provenir de fumées d'usines, est une preuve de plus à l'appui de leur origine cosmique. Tous ont aussi de la magnétite en grains anguleux, opaques, noirs, disposés en chapelets par attraction mutuelle rémanente et également d'origine cosmique.

Tous renferment une forte proportion d'argile, tantôt amorphe, floconneuse, plus ou moins poreuse, opaque, jaunâtre, brunâtre ou rougeâtre, fixant le vert émeraude en dissolution dans l'eau ou la naphtaline monobromée; tantôt en lamelles minces, conservant fréquemment l'aspect des cristaux de pyroxène ou d'amphibole et au milieu desquelles s'aperçoivent souvent des inclusions de magnétite restées intactes. Nulle part ces produits

de la décomposition des minéraux à l'air ne sont plus abondants qu'à Horta, ainsi qu'on devait d'ailleurs s'y attendre. Mais partout l'argile, résidu final du règne minéral, est en proportion considérable.

La poussière de Horta est encore remarquable par la présence de grains de feldspath (anorthite, labrador, sanidine et orthose) et même de quartz (diam. moy. $= 0^{mm},3$) arrondis. Elle contient en outre obsidienne, basalte, augite, péridot, hornblende, hématite et chondres. Tous les grains étrangers, quelle que soit la localité où on les recueille, ne peuvent avoir été amenés que par l'action du vent.

D'autre part, une mesure opérée synthétiquement montre que ces grains, à la dimension qu'ils affectent communément, sont transportables par des vents dont la vitesse atteint à peine 2^m à $2^m.50$ par seconde et même certains faits directement observés dans la nature (pluies de pierres, etc.) sembleraient indiquer que cette évaluation est un maximum. Il en résulte que ces poussières, enlevées aux continents et portées par d'aussi faibles mouvements de l'air, puisqu'ils sont qualifiés en Météorologie de *calme* ou *presque calme*, sont dispersées, de quelque part qu'elles viennent, sur la surface entière du globe.

L'examen d'un nombre considérable d'échantillons marins et particulièrement d'échantillons profonds très éloignés des côtes, prouve que les résidus minéraux, après suppression du carbonate de chaux par l'acide étendu, offrent avec la poussière de clochers la plus complète identité de forme, d'aspect, de dimension, de nature minéralogique variée, etc. Leur apport éolien à la surface de l'océan et leur chute finale sur le sol océanique semblent donc hors de doute.

Il en est de même de l'apport éolien d'une partie, sinon de la totalité, des argiles sous-marines dont la distribution sur le sol océanique à l'état de vases profondes bleues ou rouges serait à la fois fonction du régime des vents et de celui des courants marins. Ces minéraux infiniment fins et floconneux s'accumuleraient particulièrement dans les parages de remous où les eaux tourbillonnant sur elles-mêmes ou plus tranquilles leur permettraient de descendre sur le fond et de s'y accumuler.

D'une façon générale, les dépôts marins profonds seraient d'origine surtout organique, animale ou végétale (foraminifères, diatomées, etc.), éolienne, volcanique sous-marine et cosmique.

Les sédiments côtiers résultant de phénomènes d'abrasion (action de la mer sur ses rivages), d'érosion (action des agents atmosphériques à la surface des continents) et apportés par les fleuves, et dans certains parages, d'exaration (action de la glace), se reconnaissent aisément à la dimension notablement plus forte de leurs grains et à d'autres caractères. Ils s'éloignent des rivages beaucoup moins qu'on ne l'avait supposé et se bornent à former

une étroite bordure autour des continents. L'aire occupée par ces fonds, dits *terrigènes*, est donc très petite par rapport à l'aire des fonds pélagiens ou de haute mer. Le terme même de *terrigènes*, tel qu'on l'emploie d'ordinaire, est par conséquent d'une précision discutable car, en raison du rôle important que jouent les débris enlevés aux continents par une action éolienne et transportés sur la surface entière du globe, on serait en droit de l'appliquer à tout le lit océanique.

La séance est levée à 4 heures.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 14 mars 1910 (suite).

Die sechzehnte allgemeine Konferenz der internationalen Erdmessung zu London-Cambridge, September 1909, von F.-R. Helmert. (Extr. de *Zeitschrift für Vermessungswesen*, année 1909, fasc. 36.) Stuttgart, 1909; 1 fasc. in-8°.

Theorie der astrographischen Ortsbestimmung, von L. de Ball. Vienne, Alfred Hölder, 1909; 1 fasc. in-8°.

The magnetic storm of september 25, 1909, *and the associated solar disturbance*, by William-J.-S. Lockyer. (Extr. de *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, t. LXX, n° 1.) Edimbourg, Neill et Cie; 1 fasc. in-8°.

Die Tiefe der Ausgleichsfläsche bei der Prattschen Hypothese für das Gleichgewicht der Erdkruste und der Verlauf der Schwerestörung vom Innern der Kontinente und Ozeane nach den Küsten, von F.-R. Helmert. (*Sitzungsberichte der königlich-preussischen Akademie der Wissenschaften*, 25 November 1909.) Berlin; 1 fasc. in-8°.

A report on the influence of forests on climate and on floods, by Willis-L. Moore. (House of representatives, United States Committee on Agriculture.) Washington, 1910; 1 fasc. in-8°.

A barometer manual for the use of seamen; with an appendix on the thermometer, hygrometer and hydrometer; issued by the authority of the Meteorological Committee. (*Official*, n° 61.) Londres, 1909; 1 fasc. in-8°.

Come il termoscopio ad aria fu transformato in termometro a liquido: Memoria del Prof. Ignazio Galli. Rome, 1909; 1 fasc. in-4°.

Die Entwicklung der Eisenindustrie in Deutschland, von W. Mathesius. Berlin, *Königlichen technischen Hochschule*, 1910; 1 fasc. in-4°.

Zur Zerlegung des Ytterbiums, von C. AUER v. WELSBACH. Vienne, Alfred Hölder, 1909; 1 fasc. in-8°.

Il vulcanismo nel terremoto Calabro-Siculo del 28 *diciembre* 1908, per LEONARDO RICCIARDI. (Extr. du *Boll. della Soc. di Nat. in Napoli*, t. XXIII, 1909.) Naples, Francesco Giannini et fils, 1909; 1 fasc. in-8°.

Catalogue of publications of the Geological Survey, *Canada*, revised to january, 1909. Ottawa, 1909; 1 fasc. in-8°.

A descriptive sketch of the Geology, and economic mineral of Canada, by G.-A. YOUNG; *Introduction*, by R.-W. BROCK. Ottawa, 1909; 1 fasc. in-8°.

United States Geological Survey. Professional papers. 64 : *The Yakutat bay regeion, Alaska, Physiography and glacial Geology*, by RALPH-S. TARR. *Areal Geology*, by RALPH-S. TARR and BERT-S. BUTLER. — 66 : *The Geology and ore depositis of Goldfield, Nevada*, by FREDERICK LESLIE RANSOME, assisted in the field by W.-H. EMMONS and G.-H. GARREY.— 67 : *Landslides in the San Juan Mountains, Colorado, including a consideration of their causes and their classification*, by ERNEST HOWE. Washington, Government Printing Office, 1909; 3 vol. in-4°.

Smithsonian Institution. United States National Museum. *Report on the progress and condition of the U. S. National Museum for the year ending june* 30, 1908. Washington, 1909; 1 vol. in-8°.

Report of the agricultural research Institute and College Pusa, including report of the imperial cotton specialist, 1907-1909. Calcutta, superintendent Government Printing, India, 1909; 1 fasc. in-8°.

Prospectus of the agricultural research Institute and College Pusa, sanctioned by the Government of India, Revenu and Agricultural Department. Calcutta, 1909; 1 fasc. in-8°.

Report on the progress of Agriculture in India for 1907-1909. Calcutta, 1909; 1 fasc. in-8°.

Verslag omtrent den staat van het Algemeen-Proefstation te Salatiga en de daarbij behoorende hulp-inrichtingen over het jaar 1908. Java; 1 vol. in-4°.

Gulf biological Station. Cameron, La. Bulletin n° 14 : *A few notes the habits, life history and economic value of doves*, by WM-H. GATES. Baton-Rouge, 1909; 1 fasc. in-8°.

Annotated list of the Asiatic Beethles in the collection of the Indian Museum, edited by the superintendent Natural History Section; part I : *Family Carabidæ, subfamily Cicindelinæ*, by N. ANNANDALE and WALTHER HORN. Calcutta, 1909; 1 fasc. in-8°.